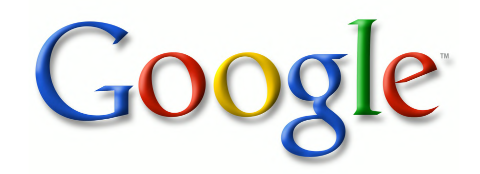



LANE MEDICAL LIBRARY STANFORD
E455 .R17 1 STOR
Studien uber die Hirnrinde des Menschen
24503443595
E455
.R17
1900
v.1




LANE
MEDICAL
LIBRARY
SEAL OF THE LELAND STANFORD JUNIOR UNIVERSITY
SEMPER VIRENS
1885

STUDIEN

ÜBER DIE

HIRNRINDE DES MENSCHEN

VON

DR. S. RAMÓN Y CAJAL

PROFESSOR DER HISTOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT MADRID.

AUS DEM SPANISCHEN ÜBERSETZT VON

DR. J. BRESLER

OBERARZT DER PROV.-HEIL- UND PFLEGE-ANSTALT FREIBURG I. SCHL.

---

1. HEFT: DIE SEHRINDE.

MIT 24 ABBILDUNGEN.



LEIPZIG,
VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.
1900.

Vorwort.

Bei dem hohen Interesse, welches die Neurologen seit Meynert in steigendem Masse und besonders gegenwärtig dem weitausschauenden Problem entgegenbringen, in welcher Weise sich die Gleichartigkeit und Verschiedenheit der seelischen Funktionen an der Nervensubstanz sichtbar wiederspiegeln, glaubten wir Ramón y Cajal's Studien über die menschliche Hirnrinde, welche in seiner Revista trimestral micrográfica erscheinen, durch eine Uebersetzung den deutschen Collegen zugänglich machen zu müssen. Ramón y Cajal beabsichtigt in fortlaufenden Aufsätzen — es dürften deren 4 bis 5 werden — das Ergebniss seiner Untersuchungen darzulegen. Die Aufeinanderfolge dieser Arbeiten wird nicht allzulange Zeit beanspruchen, da die zweite — über die Bewegungsrinde — schon in den nächsten Tagen im Urtext veröffentlicht wird.

Die vorliegende Studie über die Sehrinde bildet zum Theil den Inhalt der Vorlesungen, welche der spanische Forscher im Sommer dieses Jahres bei Gelegenheit der Jubelfeier der Clark University in Nordamerika, wohin er als Ehrengast geladen war, gehalten hat.

Freiburg (Schlesien), den 24. October 1899.

J. Bresler.

Inhalt.

Einleitung.

Beschreibung der einzelnen Schichten.



Einleitung.

BEDEUTUNG DER RINDENFORSCHUNG.

Der Bau der menschlichen Sehrinde bildet den Gegenstand interessanter Forschungen. Nachdem von Fritsch, Hitzig und Ferrier die Lehre von den Hirnlocalisationen geschaffen, von Munk, Monakow u. a. die Rindenregionen, in welche sich die Sinneseindrücke projiciren, entdeckt und erst kürzlich von Flechsig eine Theorie aufgestellt worden war, nach welcher die Hirnrinde aus Projections- oder sensorisch-motorischen Centren und aus Associations- oder Vorstellungscentren besteht, ist man bestrebt, durch vergleichende histologische Untersuchungen für die specifische Function eine besondere Structur nachzuweisen. Beim Fehlen solcher anatomischer Differenzen müsste man zu der Meynert'schen, in letzter Zeit von Golgi und Kölliker vertheidigten Ansicht zurückkehren, dass die functionelle Vielheit eine natürliche Folge der Mannigfaltigkeit der Nervenverbindungen sei.

Besonderes Interesse verleiht diesen Untersuchungen der Umstand dass, wenn, wie zu vermuthen ist, die Structur der Rinde in den einzelnen Regionen erhebliche Unterschiede aufweist, daraus sich vielleicht die physiologische Bedeutung der verschiedenen anatomischen Factoren der Rinde bestimmen lassen wird. Wenn also z. B. eine bestimmte Organisation als für die Sehsphäre charakteristisch festgestellt werden wird, so dürfte für eine andere Structur, die sich gleichmässig in allen corticalen Gebieten wieder findet, die Annahme berechtigt sein, dass sie keiner speciellen Function dient, sondern einem Nervenmechanismus allgemeiner Natur zu Grunde gelegt ist.

Diese Betrachtungen, sowie das natürliche Verlangen, den Horizont unserer trotz der Arbeiten von Golgi, Martinotti, Retzius, Kölliker sowie der meinigen noch in tiefes Dunkel gehüllten Kenntnisse zu erweitern und aufzuklären, haben mich veranlasst, nach jener Richtung hin die gesammte Rinde, mit derjenigen der Sehsphäre beginnend, methodisch zu durchforschen. Am zweckmässigsten schien es uns, hierzu die menschliche Rinde und diejenige solcher Säugethiere zu verwenden, deren Gehirn Windungen besitzt, weil hier durch die Physiologie wie durch die experimentelle und pathologische Anatomie Lage und Ausdehnung der sensorischen und motorischen Rindengebiete hinreichend sicher festgestellt sind. Wegen der Unbestimmtheit, welche über die Lage der Centren bei den glatthirnigen Thieren obwaltet, mussten wir vorläufig darauf verzichten, unsere Studien aus dem Jahre 1892 über die Sehrinde bei der Maus, dem Meerschweinchen und Kaninchen zu vervollständigen. Doch hoffen wir später daran wieder anknüpfen und eine vergleichende Analyse der homonymen Rindenregionen beider Arten von Thieren anstellen zu können, wobei voraussichtlich die beim menschlichen Gehirn erhaltenen Resultate als Schlüssel dienen werden.

Die vorliegende Arbeit ist daher die erste einer Serie, welche sich über die ganze Rinde erstrecken wird; denn es wird Niemand leugnen können, dass, wenn solche Studien eine physiologische Bedeutung gewinnen sollen, sie auf Vergleichung beruhen müssen. Der abstracte Begriff der Rindenstructur muss auf inductivem Wege aus der vergleichenden Erforschung der ganzen Rinde extrahirt werden. Andrerseits darf man von dieser regionären Analyse auch Aufklärung über die Organisation der psycho-motorischen Region erhoffen, die bis jetzt fast ausschliesslich mit der Golgischen Methode untersucht worden ist. Denn es lehrt die Erfahrung, dass in der Anatomie nur das deutlich erkannt wird, was sich in grosser Zahl und Differenzirung darbietet, während dagegen sich der Beobachtung entzieht, was vereinzelt und unausgeprägt erscheint. Wenn diese so einfach klingende Behauptung eines Beweises bedarf, so diene hierfür ein Beispiel aus der nachfolgenden Studie: Die Elemente, welche wir in der nachstehenden Arbeit als Sternzellen und Sinnesfasern bezeichnen, beobachtet man in verschiedenen Rindengebieten, besonders in dem motorischen; jedoch sind sie erst entdeckt worden,

nachdem man sie in grösserer Anzahl und Deutlichkeit in der menschlichen Sehrinde beobachtet hatte. Solche Beispiele auf ungenügender Gewebsdifferenzirung beruhender Beobachtungsfehler beweisen, dass auch die fleissigste Untersuchung, wenn sie Erfolg haben soll, vom Chok gewaltiger Eindrücke begünstigt sein muss.

Unsere Bevorzugung der menschlichen Hirnrinde hat auch ein methodologisches Ziel. Sofern es sich um die Erforschung des Grundrisses des Gehirns handelt, ist es nothwendig auf kleine Thiere und auf frühe Entwicklungsstadien zurückzugreifen; aber von dem Moment an, wo wir die Structurverschiedenheiten der Rinde studiren wollen, müssen wir die menschliche Gehirnrinde dazu verwerthen, bei welcher diese topographischen Differenzirungen den höchsten Grad erreicht haben. Aus dem gleichen Grunde gaben wir auch dem Gehirn des Kindes und des Erwachsenen den Vorzug vor dem embryonalen, denn es ist klar, dass jene Verhältnisse der Rinde erst nach dem Auftreten von Empfindungen und anderen psychischen Thätigkeiten Platz greifen können.

Die besonderen Eigenthümlichkeiten der Golgischen Methode veranlassten uns, in erster Linie Gehirne Neugeborener im Alter von 15—25 Tagen zu benutzen, in welcher Zeit die Reaction am constantesten und zuverlässigsten ist; doch gelang es uns auch vom Gehirn Erwachsener einige gute Präparate herzustellen.

Unter den Säugethieren mit Gehirnwindungen figuriren als Untersuchungsobjecte namentlich Katzen und Hunde von 20—30 Tagen, d. h. aus einer Epoche, in welcher die Sinnesorgane ihre volle Thätigkeit entfalten.

Ferner haben wir auch die übrigen wichtigeren Methoden zu Hilfe genommen, so die Nissl'sche für die Protoplasmafärbung, die Weigert-Pal'sche für die Myelinimprägnirung, die Ehrlich'sche für die Färbung der oberflächlichen Nervenzellen und markhaltigen Axencylinder, die Cox'sche für die langsame Imprägnirung der Rinde der Katze und des Hundes.

HISTORISCHES UEBER DIE STRUCTUR DER SEHRINDE.

Dass die Sehrinde einige anatomische Besonderheiten besitzt, ist eine Beobachtung, welche schon in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts verschiedene Gelehrte, darunter Gennari, Vicq d'Azyr, Baillarger und

Broca gemacht haben, welche in der genannten Region die Existenz eines mittleren, mit blossem Auge erkennbaren weissen Streifens nachwiesen. Die erste genauere histologische Analyse verdankte man indess Meynert, der in der Sehrinde des Menschen folgende Schichten unterschied:

1. Die Molekularschicht,
2. „ Schicht der kleinen Pyramiden,
3. „ „ „ Körner oder Granula (äquivalent der 4. Schicht der typischen Rinde);
4. die Schicht der grossen Pyramiden oder der Solitärzellen;
5. „ „ „ mittleren Körner oder Granula;
6. die der 4. analoge Schicht, bestehend aus Kernen der Neuroglia und aus grossen disseminirten Zellen;
7. die Schicht der tiefen Körner;
8. „ „ „ spindelförmigen Zellen, entsprechend denjenigen der 5. Schicht der typischen Rinde.[1])

W. Krause[2]), der die Rindenschichten sehr genau studirte, unterscheidet an der motorischen Rinde:

1. Die Randschicht, gebildet von Markfasern;
2. die Molekularschicht, arm an Nervenzellen, reich an Neuroglia;
3. die Schicht der kleinen Pyramiden;
4. „ „ des äusseren Nervenplexus, dessen Kerne der Scheide der sie kreuzenden Markfasern entsprechen;
5. die Schicht der grossen Pyramiden;
6. „ „ des inneren Nervenplexus, dessen Kerne ausschliesslich zu den Fasern gehören;
7. die Schicht der Körner oder kleinen Zellen, zu welcher Krause auch die Körner und spindelförmigen Zellen der typischen Rinde nach Meynert rechnet.

Was die Sehrinde anlangt, so charakterisirt sie sich nach Krause durch eine beträchtliche Ausdehnung der 4. Schicht oder des äusseren Nervenplexus, des Gennari'schen oder Vicq d'Azyr'schen Streifens, der aus markhaltigen Fasern gebildet wird. Ausserdem sind die 5. und 6. Schicht ausserordentlich zart, besonders die fünfte, in welcher sich nur vereinzelte grosse Pyramidenzellen vorfinden (Solitärzellen Meynerts).



Schwalbe[3]) acceptirt ohne Reserven die Beschreibung Meynerts und betrachtet wie Krause den Vicq d'Azyr'schen Streifen als einen Plexus markhaltiger Nervenfasern.

Nach Betz[4]) besteht die Occipitalrinde ans folgenden Schichten:

1. Neuroglia- (Molekular-) Schicht;
2. Schicht der kleinen Pyramiden;
3. erste Schicht der Körner;
4. Schicht der Nervenfasern;
5. zweite Schicht der Körner;
6. zweite Schicht der Nervenfasern;
7. Schicht der vereinzelten Pyramidenzellen;
8. „ „ spindelförmigen Zellen.

Nach Golgi[5]), der zuerst die nach ihm benannte Methode auf das Studium des Gehirns anwandte, kennzeichnet sich die Sehrinde (obere Occipitalwindung) durch die grosse Seltenheit der Riesen-Pyramidenzellen. Es sei alsbald daran erinnert, dass Golgi bei der typischen Hirnrinde nur 3 Schichten beschreibt: die äussere, mittlere und innere, jede davon ein Drittel der grauen Substanz einnehmend. Nun sollen die beiden ersten Schichten in der motorischen und Sehrinde die gleichen Charaktere haben, hingegen die Sehrinde in der tiefen Schicht eine grössere Zahl kleinerer Zellen und zwar kuglige, pyramiden- und spindelförmige. Ebenso sollen sich an der Grenze der inneren und der mittleren Schicht nur ganz vereinzelte grosse Pyramidenzellen, die Solitärzellen Meynerts finden.

Im Hinblick auf die geringe structurelle Abweichung der Sehrinde von der motorischen behauptet Golgi, dass die Specificität der Function in den verschiedenen Rindenregionen nicht auf der besonderen Organisation derselben beruht, sondern auf dem specifischen peripheren Apparat, aus dem die in ihnen endigenden Nervenfasern hervorgehen. Diese schon von Meynert vertheidigte Lehre ist im Grunde genommen exakt, aber Golgi überschätzt sie, wenn er sie auf den vorliegenden Fall anwendet, da wie wir später sehen werden, die Sehrinde genügend specifische Eigenschaften besitzt und einen viel complicirteren Bau als man nach den vereinfachten und schematisirten Zeichnungen des Gelehrten von Pavia vermuthen könnte. Zudem erscheint es zweifelhaft, ob die von Golgi untersuchte

Region Beziehungen zu der Sehrinde hat; wir vermochten wenigstens in ihr die specifische Structur des Cuneus und der Fissura calcarina nicht zu finden. Nach unserer Meinung ist diese specifische Organisation, bei Mensch wie Säugethier, nur der inneren Fläche des Occipitallappens eigenthümlich.

Hammarberg[6]), der durch den Tod zu früh von seinen Studien weggerissene Gelehrte, welcher die Histologie der menschlichen Hirnwindungen vergleichend mit der Nissl'schen Methode untersuchte, unterscheidet 2 Typen des Rindenbaues, den motorischen und den sensiblen, welch' letzterem die Sehrinde entspricht.

Die Sehrinde soll sich dadurch auszeichnen, dass es ihr an der vierten Schicht der Riesen-Pyramidenzellen fehlt, die hier durch eine schmale Schicht von Körnern oder kleinen Zellen ersetzt ist; letztere ist durch zwei molekular aussehende, an Nervenzellen arme Streifen in 3 Unterabtheilungen gesondert. Zwischen dieser Zone der Körner und der Schicht der spindelförmigen Zellen Meynerts soll eine Reihe grosser Pyramidenzellen, Solitärzellen Meynerts, liegen.

Die Golgi'sche Methode wurde von mir[7]) bei der Sehrinde kleiner Säugethiere, besonders des Kaninchens, angewandt, wobei ich zu einigen Resultaten gelangte, die sich mit den von den genannten Autoren veröffentlichten schwer in Einklang bringen lassen. Besonders möchte ich hervorheben die Entdeckung einer Reihe vertical gestellter spindelförmiger Zellen unter der ersten oder Molekularschicht und den Nachweis, dass der Vicq d'Azyr'sche Streifen oder Plexus sich hauptsächlich aus den Collateralverzweigungen zahlreicher Zellen mit aufsteigendem Axencylinder zusammensetzt, welche sowohl in diesem Streifen wie in den tiefen Schichten liegen.

Was die typische Rinde anlangt, so habe ich[8]) in einer früheren Studie an kleinen Säugethieren die folgenden Schichten unterschieden:

1. Die Molekularschicht;
2. „ Schicht der kleinen Pyramiden;
3. „ „ „ grossen „ ;
4. „ „ „ polymorphen Zellen.

Jedoch ist diese Eintheilung in 4 Schichten weder bei der typischen Hirnrinde des Menschen, wo wenigstens 5 solche existiren, noch bei der Sehrinde der Säugethiere anwendbar.



Mit Bezug auf die Anordnung der Markfasern hat Botazzi[9]) eine treffliche Studie über den Bau der Rinde veröffentlicht; er bediente sich der Weigert'schen Methode und untersuchte eine grosse Zahl von Wirbelthiergehirnen. Nach ihm birgt die Rinde der Säugethiere (Kaninchen, Affe etc.) 2 Arten von Markfasern, horizontale und radiäre.

Die horizontalen Markfasern bilden verschiedene Stockwerke: das der inneren horizontalen Fasern, welche im Niveau der durch radiäre Bündel gekreuzten Schichten liegen und in der Occipitalgegend dem Gennari'schen Streifen entsprechen; das der mittleren horizontalen Fasern, die sich in den Schichten der mittelgrossen und kleinen Pyramiden befinden; das der tangentialen oder äusseren Fasern, welche in der Molekularschicht liegen. Zu den mittleren Fasern gehört der Bechterew-sche Streifen, von Kaes im Niveau der kleinen Pyramidenzellen und nicht fern von den Tangentialfasern verlaufend beschrieben.

Zu den radiären Fasern rechnet er: die radiären, verticalen Bündel, welche von Pyramidenaxencylindern gebildet werden; die isolirten Radiärfasern, welche von einem Bündel zum anderen ziehen und einen Plexus bilden; die aufsteigenden Radiärfasern, welche sich bis zur Molekularzone erstrecken und zum Theil die verticalen Martinottischen Fasern repräsentiren; endlich die aufsteigenden radiären Fasern, welche von der weissen Substanz in die Molekularschicht ziehen, Bündel, welche schon von Vulpian in der menschlichen Rinde vermuthet wurden, die Botazzi bei den Säugethieren sah und die ich an der Rinde der Maus nachwies.[10])

Mit Bezug auf die Sehrinde des Cercopithecus lenkt Botazzi die Aufmerksamkeit auf die beträchtliche Entwickelung des Gennari'schen Streifen, welcher aus schrägen und horizontalen Markfasern von mittlerer Stärke besteht. In den Schichten der kleinen und mittelgrossen Pyramiden soll ausserdem ein Plexus feiner Markfasern existiren, der mit dem Alter zunimmt (das supraradiäre Netz) und den, weil nur bei den höheren Säugethieren und beim Menschen auftretend, er für ein Zeichen der höheren geistigen Thätigkeit (des Reichthums der Associationen) hält. Dieser sogen. Bechterew'sche Streifen erscheint in der Sehrinde wohl entwickelt.

M. Schlapp[11]), der kürzlich die Struktur der Hirnrinde des Affen mit der Nissl'schen Methode studirte, anerkennt drei Typen der grauen Substanz: I. Den Typus des Stirnlappens mit 5 Schichten, nämlich

1. die Molekularschicht der Tangentialfasern;
2. die Schicht der kleinen polymorphen Zellen;
3. „ „ „ „ Pyramidenzellen;
4. „ „ „ grossen „ oder motorischen Zellen;
5. „ „ „ polymorphen Zellen;

II. Den Typus des Parietal- oder Sphenoidallappens, charakterisiert durch einen in der 4. Schicht gelegenen Streifen kleiner Zellen oder Körner. III. Den Typus der Sehsphäre, erkennbar an seinem fast gänzlichen Mangel an Pyramiden, da die Mehrzahl seiner Zellen kuglig oder unregelmässig ist mit Ausnahme der Meynert'schen Solitärzellen.

Die Schichten der Sehsphäre des Affen sind folgende:

1. Schicht der Tangentialfasern;
2. „ „ äusseren polymorphen Zellen;
3. „ „ parapygnomorphen (mehr ovalen als pyramidalen) Pyramidenzellen;
4. „ „ Körner;
5. „ „ kleinen Solitärzellen;
6. Zweite Körnerschicht;
7. Zellarme Schicht;
8. Schicht der inneren polymorphen Zellen.

Auch Kölliker[12]) widmet in seinem klassischen Werke der Histologie der menschlichen Sehrinde einige Bemerkungen. Nach ihm birgt der Vicq d'Azyr'sche oder Gennari'sche Streifen eine grosse Zahl horizontaler Fasern von mittlerem und kleinem Kaliber, vermengt mit einigen stärkeren. Nach innen von diesem Streifen erscheint gelegentlich ein anderer feinerer, ebenfalls aus horizontalen Fasern bestehend.

Was die Zellen anlangt, so weist er auf die grosse Zahl und die Gedrängtheit der kleinen Pyramidenzellen hin, von denen die grösseren dem Vicq d'Azyr'schen Streif entsprechen, welcher ebenfalls eine Unmenge kleinster, schon von Hammarberg angegebener Zellen (Körner) besitzt. Nicht weit von der weissen Substanz, in der Nähe der polymorphen Zellen liegen auch, wie Golgi zeigte, einige Riesen-



Pyramidenzellen, welche der Aufmerksamkeit Hammarberg's entgangen sind, die Solitärzellen Meynert's.

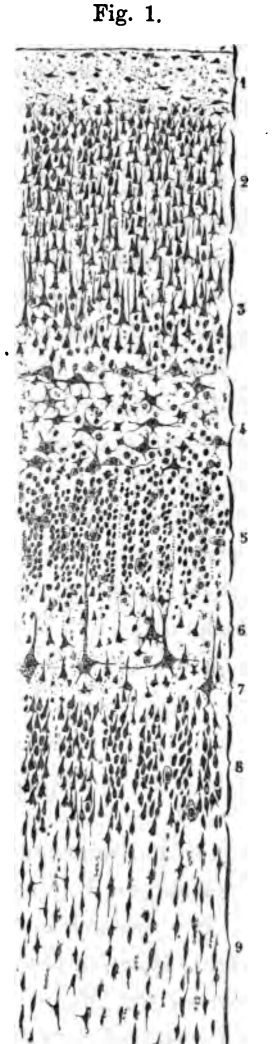
Aus diesem kurzen historischen Ueberblick wird ersichtlich, dass dieKenntnisse, welche wir über die Struktur der menschlichen Occipitalrinde und derjenigen der gyrencephalen Säugethiere besitzen, sehr geringe, und zum Theil widersprechende sind. Auch bezieht sich das Wenige, was wir wissen, auf die Zahl der Schichten und die grobe Morphologie des Körpers der Neurone, während die Hauptpunkte, um deren Aufklärung jede ernste anatomische Forschung bemüht sein muss, nämlich die feine Morphologie, die Lage und Verbindung der Zellfortsätze, noch von Niemand in Angriff genommen worden sind. Diese bedeutende Lücke nach Kräften auszufüllen, ist das Ziel der vorliegenden Arbeit.

ZAHL DER SCHICHTEN DER SEHRINDE.

Untersucht man einen nach der Nissl'schen Methode gefärbten Schnitt der Sehrinde eines Erwachsenen (Fig. 1), so beobachtet man eine reiche Schichtenbildung, wie sie schon Meynert nachgewiesen, der trotz der Mangelhaftigkeit der von ihm benützten Methoden die Schichten dieser Region am besten erkannt hat.

Auf den ersten Blick lassen sich folgende Schichten unterscheiden:

Fig. 1.



Schnitt durch die Sehrinde (Rand der Fissura calcarina) eines 30 jährigen Menschen. Nissl'sche Methode.

1, plexiforme Schicht; 2, Schicht der kleinen Pyramiden; 3, Schicht der mittelgrossen Pyramiden; 4, Schicht der grossen Sternzellen; 5, Schicht der kleinen Sternzellen; 6, plexiforme Schicht oder die der kleinen Pyramiden mit aufsteigendem Axencylinder; 7, Schicht der Riesenpyramiden; 8, Schicht der Pyramiden mit gebogenem, aufsteigendem Axencylinder; 9, spindelförmige Zellen.



1. Molekulare oder erste plexiforme Schicht;
2. Schicht der kleinen Pyramidenzellen;
3. „ „ mittelgrossen „ „
4. zweite plexiforme, aus grossen Sternzellen bestehende Schicht;
5. Schicht kleiner Zellen oder Körner und einiger grosser Zellen;
6. „ kleiner verlängerter Zellen;
7. dritte plexiforme Schicht mit einigen Riesenpyramidenzellen, den Solitärzellen Meynert's.
8. Schicht dichtgedrängter mittelgrosser Pyamidenzellen,
9. „ mit spindelförmigen und dreieckigen, durch Markfasern getrennten Zellen.

Man könnte noch andere Schichten unterscheiden; indess scheinen uns die aufgezählten die grösste Gewähr der Individualität zu bieten und sie entsprechen auch, wie wir später zeigen werden, Gruppen von Neuronen mit hinreichend specifischen Eigenthümlichkeiten. Es existiren auch Uebergänge, welche gelegentlich die Abgrenzung der Zonen erschweren, namentlich in bestimmten Gegenden einer jeden Windung, in welchen einige Schichten einander unterbrechen und ihren Umfang und ihr Aussehen zu ändern, um später wieder zu erscheinen. Diese Veränderungen sind besonders in der 6. und 7. Schicht häufig.

NOMENCLATUR DER SCHICHTEN.

Da die Namen der Rindenschichten zu einer Zeit geschaffen wurden, in welcher die Untersuchungsmethoden unvollständig waren, ist es natürlich, dass sie sich nur auf das grobe Aussehen der Nervensubstanz (mit Carmin, Hämatoxylin und basischen Anilinfarben gefärbte Schnitte) bezogen. Zwei Mängel konnten daher nicht vermieden werden: nämlich die Benennung von Schichten verschiedener Morphologie mit gleichen Namen und die Anwendung von Bezeichnungen, welche von der wirklichen Struktur keinen Begriff geben.

In Wirklichkeit und bis wir über die Textur des Protoplasmas hinreichenden Aufschluss besitzen, muss sich die Nomenclatur nach der feinen Morphologie der Zellen und deren Verlauf und der Verbindung

der Axencylinder richten, Verhältnisse, welche uns nur die Chromsilbermethode klarlegt. Demzufolge schlage ich die nachstehenden Bezeichnungen vor:

1. Plexiforme Schicht oder Schicht der horizontalen Zellen (Molekularschicht der Autoren);
2. Schicht der kleinen Pyramiden;
3. „ „ mittelgrossen Pyramiden;
4. „ „ grossen Sternzellen (ein Theil der Körner der Autoren);
5. „ „ kleinen „ „ (Körner der Autoren);
6. „ „ „ Zellen mit bogenförmigem Axencylinder;
7. „ „ Riesen-Pyramidenzellen (Solitärzellen Meynert's)
8. „ „ grossen Zellen mit bogenförmigem und aufsteigendem Axencylinder (tiefe Körner Meynert's);
9. „ „ dreieckigen und spindelförmigen Zellen (spindelförmige Zellen Meynert's).

Da in jeder Rindenschicht Elemente von verschiedener Morphologie sich befinden, so war für die Eintheilung und Nomenclatur der Schichten die vorwiegende Gestalt der Zellen massgebend. Das Verhalten des Axencylinders, welches wir der Classification der Neurone des Rückenmarks zu Grunde gelegt haben, liess sich wegen der Unvollständigkeit der bei der Sehrinde gewonnenen Resultate hier leider nicht in Rechnung ziehen.

Beschreibung der einzelnen Schichten.

I.

PLEXIFORME SCHICHT (MOLEKULARSCHICHT DER AUTOREN).

Die plexiforme Zone der Sehrinde ist, wie schon Meynert beobachtet . viel zarter als diejenigen der übrigen Hirnregionen. Diese Zartlässt sich durch die Verminderung der Zahl der mittelgrossen und ·n Pyramidenzellen erklären, welche (nach unsern früheren Arbeiten

über die Hirnrinde) in die Molekularschicht ein beträchtliches Bündel von Dendriten senden. Untersucht man diese Zone mittelst der Nissl'schen Methode, so präsentirt sie sich als ein blasser granulirter oder plexiformer Untergrund, aus dem sich hier und da Kerne von Neuroglia- oder Nervenzellen abheben.

Die bei Anwendung dieser Färbemethode zu Tage tretenden Neurone sind klein und spärlich und ohne bestimmte Anordnung durch die ganze Dicke der Schicht vertheilt. Das Protoplasma derselben besitzt keine oder nur wenige chromatische Granulationen, ein Umstand, der die Bestimmung der Morphologie des Zellkörpers an Nissl-Präparaten verhindert. Nur an einzelnen Zellen konstatirt man eine spindelförmige oder dreieckige Gestalt mit aus den Winkeln entspringenden Fortsätzen. Studirt man die Sehrinde nicht beim Gehirn eines Erwachsenen, sondern bei demjenigen eines 10 Tage alten Kindes, so erscheint die plexiforme Schicht noch zarter. Man bemerkt, dass, während die Nervenzellen tiefer liegen, die Kerne der Neuroglia zahlreicher sind als beim Erwachsenen. Dies kommt daher, dass viele der dislocirten Epithelialzellen, welche zur Verwandelung in Neurogliazellen bestimmt sind, noch nicht die plexiforme Schicht erreicht haben. Am äusseren Rande der letzteren, unmittelbar unter der Pia, beobachtet man einige viel- oder dreieckige Neurone, verhältnissmässig voluminös und ziemlich chromatinreiches Protoplasma enthaltend, welche man in der Rinde des Erwachsenen nicht antrifft. Diese Randzellen entsprechen gewissen Grenzzellen, welche die Golgi'sche Methode gut zur Darstellung bringt (siehe weiter unten) und welche gemäss dem Wachsthum und der successiven Einschaltung von Pyramidenzellen -Fasern und -Büscheln zwischen sie und die Pia, in der Rinde des Erwachsenen eine tiefere Lage einnahmen. Doch findet man auch in dieser ab und zu in der Nähe des äusseren Randes einige Nervenzellen.

Die eigentliche Morphologie der Zellen der plexiformen Schicht kann jedoch nur mit der Golgi'schen und Ehrlich'schen Methode aufgeklärt werden. Mittelst derselben lassen sich folgende Bestandtheile feststellen: 1. eigenthümliche Neurone mit langen Radiationen, 2. kleine oder mittelgrosse Neurone mit kurzem Nervenfortsatz, 3. die Büschel der Pyramiden, 4. die Martinottischen aufsteigenden Fasern, 5. die auf-

steigenden Fasern der weissen Substanz, 6. verschiedene Arten von Neurogliazellen.

Wir wollen hier nicht im Detail alle diese Einzelheiten der plexiformen Zone durchstudiren. Wir haben sie bereits in verschiedenen Abhandlungen [12]), auf welche wir den Leser verweisen, besprochen. Hier genügt es zu bemerken, dass diese Elemente sich in der Sehrinde ebenso verhalten, wie in den andern Hirnpartien, und deshalb keiner besonderen Beschreibung bedürfen. Nur bezüglich der eigenthümlichen mit langen Radiationen versehenen Zellen wollen wir einige Angaben machen.

Wie Retzius [14]) gefunden hat, erreichen unsere horizontalen oder Specialzellen (die Cajal'schen Zellen von Retzius) im fötalen menschlichen Gehirn eine ausserordentliche Entwicklung. Bei Föten von 6, 7 und 8 Monaten zeigen sie sich durch die ganze Molecularschicht verbreitet in der Gestalt spindelförmiger, dreieckiger oder sternförmiger Zellen, welche mit sehr langen varicösen, horizontalen, parallelen Fortsätzen versehen sind, aus denen im rechten Winkel eine Unzahl von aufsteigenden, unter der Pia mittelst einer starken Varicosität aufhörenden Aestchen entspringt. Die oberflächlicheren (Rand-) Zellen sind kegelförmig und haften mit einer äusseren Basis an der Pia; aus der centralgerichteten Spitze entspringen sehr zahlreiche und enorm lange Fortsätze (Fig. 2, *A*, *B*). Die tiefen Zellen sind häufiger spindelförmig oder dreieckig, und die aufsteigenden Aeste entspringen sowohl von den polaren Fortsätzen wie von der äusseren Kante des Zellkörpers. Wie man in Fig. 2, *A*, *B*, *C* sehen kann, in welcher diese Zellen, so wie sie sich im Gehirn des Neugebornen repräsentieren, abgebildet sind, ist es unmöglich, zwischen den mannigfaltigen und langen Fortsätzen einen solchen mit dem Charakter des Axencylinders oder mit Eigenthümlichkeiten von Dendriten zu unterscheiden. Retzius neigt gleichwohl zu der Annahme, dass mancher von ihnen die Bedeutung eines kurzen Axencylinders besitzt und Veratti [15]), der kürzlich diese Zellen bei der Kaninchenrinde studirt hat, versichert, dass trotzdem die Mehrheit der Zellfortsätze das Aussehen von Axencylindern hat (Pseudoaxencylinder, wie er sie nennt), nur ein einziger sich verhält und vertheilt wie ein wirklicher Nervenfortsatz. Unsere in letzter Zeit im Gehirn eines Neugeborenen und eines 15—30 Tage alten Kindes gemachten Beobachtungen

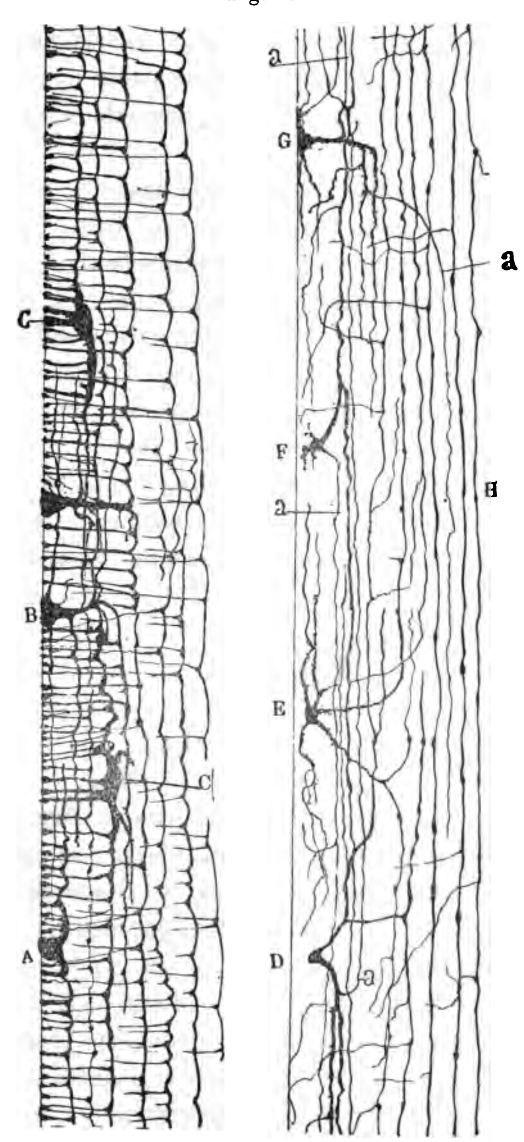
gestatten uns diese Frage, wenn auch nicht endgültig zu lösen, so doch aufklären zu helfen. Retzius erklärt, dass es ihm unmöglich gewesen sei, diese Zellen bei Neugeborenen zu färben und er daher ihre definitive Gestalt nicht kennt, obgleich er es für unwahrscheinlich hält, dass sie in ihrer späteren Entwicklung erheblichere Umwandlungen erfahren. Wir sind darin glücklicher gewesen, denn wir vermochten bei 15—23 tägigen Gehirnen einige Specialzellen zu färben. Die hierbei gemachten Beobachtungen bestätigen vollauf zwei kürzlich von mir aufgestellte Behauptungen, nämlich 1. dass die grosse Mehrzahl der von Retzius beschriebenen aufsteigenden Collateralen embryonale und der Atrophie und dem Schwund anheimfallende Gebilde sind, 2. dass die sehr langen, polaren, horizontalen Fortsätze sich auf eine unbeschränkte Dauer erhalten und in der ganzen Ausdehnung der Molekularschicht ein System horizontaler Fasern bilden, welche mit spärlichen, feinen, in den verschiedenen Etagen der Molekularschicht sich verbreitenden Aestchen versehen sind.

Die fortschreitende Atrophie der vertikalen Zweige beobachtet man sehr schön in den ersten Tagen nach der Geburt; sie beginnt mit dem Verschwinden der Endvarikositäten und der Verschmälerung des Schaftes, welcher sie trägt, und der sich verkürzt und etwa in der Zeit vom 20. bis 23. Tage schwindet.

Ueber den Axencylinder, wenn er überhaupt existirt, können wir keine bestimmten Angaben machen. Bei den Zellen, welche wir in 8, 14 und 20 Tage alten Gehirnen färbten, haben sämmtliche Fortsätze das gleiche Aussehen; nur an 2 am Rande befindlichen Zellen (Fig. 2, *F*, *D*, *a*) vermochten wir zu einer Zeit, in welcher fast alle verticalen Fortsätze verschwunden sind, einen von den anderen durch seine Feinheit und Zartheit ausgezeichneten zu unterscheiden, der vielleicht die Bedeutung eines Axencylinders hat. Die langen tangentialen Fasern zeigen im Anfang ihres Verlaufs eine höckrige Contour und zahlreiche Stachel, was vielleicht für ihre dendritische Natur spräche.

Schliesslich, im Gehirn von 25 Tagen und später, lassen sich die Specialzellen nicht mehr färben. Daher zeigen sich in den gelungensten Präparaten nur die stärksten und längsten horizontalen Fortsätze gefärbt, von denen einige eine Länge von 2 bis 3 Zehntel mm erreichen

Fig. 2.



Zellen der ersten oder plexiformen Schicht.

A, *B*, *C*, horizontale Zellen der Sehrinde eines neugeborenen Kindes oder eines Fötus unmittelbar vor der Geburt; *D*, *E*, *F*, *G*, Zellen der Sehrinde eines 20 Tage alten Kindes; *H*, Horizontal- oder Tangentialfasern von Horizontalzellen, die in grossen Abständen innerhalb der ersten Zone liegen; *a*, feine Fortsätze mit dem Aussehen eines Axencylinders.

und vielleicht noch länger sind, da sie am Ende fast stets durchschnitten und ohne Abschluss erscheinen. Es mag vielleicht auf einem Zufall beruhen, aber in unseren Präparaten verliefen alle diese Fasern von ihrer Krümmung an parallel unter einander und schienen zwei benachbarte Windungen zu verbinden.

Untersucht man horizontale, nach Ehrlich gefärbte Schnitte der Molekularschicht bei einer ausgewachsenen Katze, und zwar aus der Sehrinde oder aus irgend einer anderen Gegend, so beobachtet man sehr lange Markfasern, wiederholt verzweigt und horizontal verlaufend. Einige derselben entsprechen wahrscheinlich aufsteigenden, aus der weissen Substanz stammenden Fasern, andere jedoch kommen, wie ich nachgewiesen habe, aus grossen horizontalen Zellen, die in der plexiformen oder ersten Schicht gelegen sind. Die Weigert-Pal'sche Methode unterstützt diese Auffassung, sofern sie in dieser Schicht neben zahlreichen feinen, in den tieferen Ebenen verzweigten Fasern, eine Lage kräftiger, horizontal und tangential gerichteter Fasern zu Tage fördert. Die bedeutende Stärke dieser Fasern, welche diejenige der Martinottischen aufsteigenden noch übertrifft, und die von Botazzi entdeckte Thatsache, dass sie sich im Fötalgehirn vollständig unabhängig von den Fasern der weissen Substanz entwickeln, sprechen ebenfalls für diese Ansicht, d. h. zu Gunsten des Ursprungs in den grossen Zellen der plexiformen Schicht.

Kurzum: die Specialzellen der Rinde repräsentiren Zellen von ausserordentlich vielfältiger Association, durch welche in der ersten Schicht vertheilte Associationsfasern mit den Verzweigungen der in benachbarten Windungen liegenden Pyramidenzellen in dynamische Verbindung treten können.

Wie aus Fig. 7, *G*, *F*, ersichtlich, enthält auch beim Menschen die erste Schicht zahlreiche Sternzellen mit kurzem Axencylinder, wie die von mir bei der Katze und anderen kleinen Säugethieren beschriebenen. Es fehlen auch nicht spinnenförmige Nervenzellen mit sehr dichter Verzweigung; von diesen werden wir später zu sprechen haben (Fig. 7, *E*).

Endlich fanden wir beim Neugeborenen von 10 bis 15 Tagen auch einige birnenförmige Zellen, ähnlich den Neuroblasten, die einen horizontal, die anderen vertical gestellt und mit dem Zellkörper dicht an

der Pia liegend. Die Bedeutung derselben ist uns unbekannt; sie fehlten in vielen Präparaten (Fig. 5, *H*, *J*).

II.

SCHICHT DER KLEINEN PYRAMIDENZELLEN.

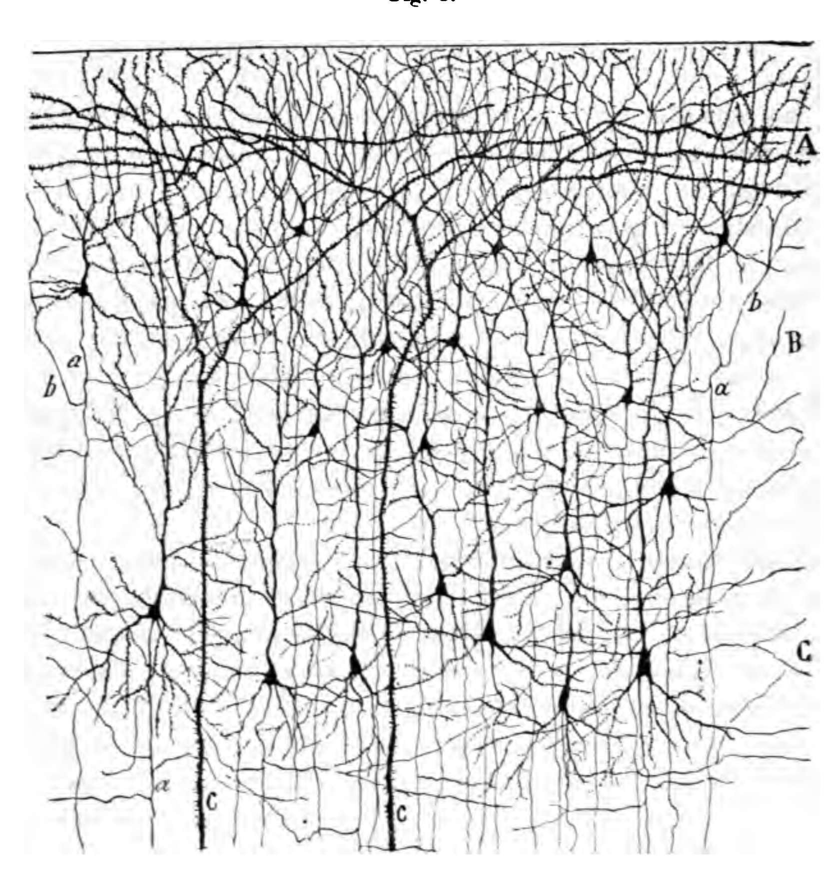
Sie verhalten sich in der Sehrinde nicht anders wie in den übrigen Rindengebieten. Sternförmig oder dreieckig und ohne radiären Stiel an der Grenze der plexiformen Schicht, verlängern sie sich und nehmen sie allmählich Pyramiden- oder Kegelform an im Masse, als sie in tieferen Ebenen zu liegen kommen. Alle senden sie in die plexiforme Schicht ein Büschel ramificirter, stachelförmiger Dendriten, welche sich mit dem Nervenplexus derselben in Contakt setzen; während sie nach der weissen Substanz einen sehr dünnen und langen Axencylinder schicken, aus dessen Anfangstheil in der Schicht der kleinen und mittelgrossen Pyramiden verzweigte Collateralen entspringen. In der menschlichen Hirnrinde sind diese Pyramidenzellen anscheinend viel zahlreicher und kleiner als bei der Katze und dem Hunde.

Nach Schaffer nehmen die Anfangscollateralen der kleinen Pyramiden einen rückläufigen Weg und verzweigen sich in der Molekularschicht. Wir haben diese Anordnung ebenfalls beobachtet, die übrigens schon von Martinotti erwähnt wurde; gleichwohl ist zu bemerken, dass sowohl beim Menschen wie bei der Katze und dem Hunde die überwiegende Mehrzahl dieser rückläufigen Collateralen sich in dem äusseren Theil der Zone der kleinen Pyramiden verzweigt, ohne die Grenze der plexiformen Schicht zu erreichen. Nach meinem Dafürhalten vertheilen sich die genannten Anfangscollateralen fast immer in den Regionen der Zellart, aus welcher sie hervorgehen, und erfüllen den Zweck, unter denselben einen Theil des empfangenen Stromes zu verbreiten, eine Entladung, durch welche die Energie des Stromes erhöht und die Zahl der an der Leitung betheiligten Elemente vermehrt wird. Ueber diesen Punkt wollen wir uns später ausführlicher äussern.

Untersucht man diese Zone nach Nissl, so fällt die dichte Gedrängtheit ihrer Zellen, besonders an der Grenze der Molekularschicht, ins

Auge, woselbst man nicht selten eine wohlabgegrenzte Reihe kleiner, länglicher Zellen antrifft. Eine genaue Prüfung mit der apochromatischen Linse 1,30 lehrt, dass an dieser Grenzzone nicht alle Zellen Pyramiden

Fig. 3.



Kleine und mittelgrosse Pyramidenzellen der Sehrinde eines 20tägigen Neugeborenen (Fissura calcarina).

A, plexiforme Schicht; *B*, Schicht der kleinen Pyramiden; *C*, Schicht der mittelgrossen Pyramiden; *a*, absteigender Axencylinder; *b*, rückläufige Collateralen; *c*, Stiele von Riesenpyramiden.

sind; einige haben Spindel-, Ei- oder Sternform, was die Bezeichnung: Schicht der oberflächlichen polymorphen Zellen, welche Schaffer [16]) und Schlapp dieser Uebergangszone gegeben haben, rechtfertigt. Da jedoch

die Pyramidenzellen — oder wenigstens die Zellen, deren Axencylinder sich wie derjenige der genannten Zellen verhält — überwiegen, und da sich die Zellen mit kurzem Axencylinder nicht ausschliesslich hier, sondern, wenn auch weniger zahlreich in den darunterliegenden Schichten befinden, so scheint uns kein genügender Grund vorhanden, die zweite Schicht in zwei Unterabtheilungen mit besonderen Namen zu zerlegen.

Zwischen den kleinen Pyramiden und den kleinen ei-, spindel- oder sternförmigen Zellen fördert die Nissl'sche Methode noch einige grössere eiförmige, halbmondförmige oder polygonale Zellen zu Tage, deren Ecken sich zu starken divergirenden Fortsätzen verlängern (Fig. 6, *D*, *C*). Diese Zellen, spärlich und ohne bestimmte Anordnung über die ganze Schicht der kleinen Pyramiden versprengt, entsprechen wahrscheinlich mehr oder weniger vertikalen Riesenzellen mit kurzem Axencylinder (s. später).

III.

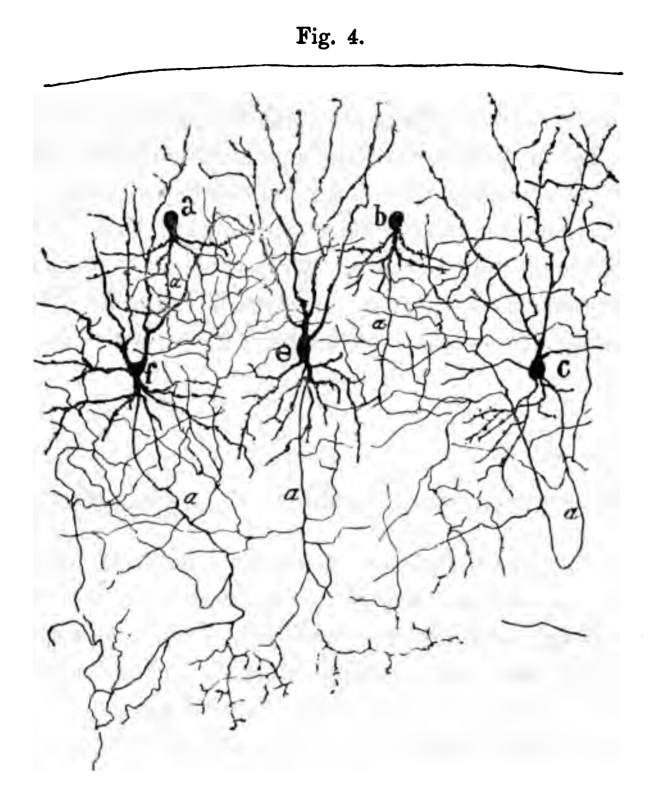
SCHICHT DER MITTELGROSSEN PYRAMIDENZELLEN.

Mit der Nissl'schen Methode beobachtet man hier ähnliche Zellen wie in der vorhergehenden Schicht: Pyramidenzellen, die etwas grösser sind als die oben beschriebenen, und weiter von einander abstehend; hier und da auch eine grosse polygonale Zelle mit divergierenden Fortsätzen. In den tieferen Ebenen finden sich einige grosse, fast Riesen-Pyramiden und scheinen überdies einzelne kleinere Zellen, ähnlich denen der fünften Schicht oder der Schicht der kleinen Sternzellen vorhanden zu sein.

Nach der Golgischen Methode gefärbt, zeigen die mittelgrossen Pyramidenzellen die bekannte Gestalt, Lage und Verbindung (Fig. 3, *C*). Der radiäre Stiel, sehr lang und mit feinen Härchen besetzt, erstreckt sich bis in die Molekularschicht, woselbst er sein Endbüschel verbreitet, während der Axencylinder bis in die weisse Substanz reicht, in seinem Anfangstheil Collateralen in die dritte Schicht und den oberen Theil der vierten aussendend. Die fünfte, sechste, sowie die übrigen Schichten durchquerend, steigen diese Axencylinder bündelweise hinab, ohne irgendwelche Collaterale abzugeben, ein interessanter Umstand, der die relative

Unabhängigkeit veranschaulicht, in welcher sich die oberen Pyramidenzellen gegenüber den Sternzellen der fünften und sechsten Schicht und den unteren oder Riesenpyramidenzellen befinden.

Fig. 4.



Zellen mit kurzem Ayencylinder aus der Schicht der kleinen Pyramiden der Sehrinde einer 28 Tage alten Katze.

a und *b*, birnenförmige Zellen mit kurzem absteigenden Axencylinder; *c*, Zelle mit gebogenem Axencylinder; *e*, *f*, Zellen mit absteigendem, in der Schicht der mittelgrossen Pyramiden verzweigten Axencylinder.

Zellen mit kurzem Axencylinder in der Schicht der kleinen und mittelgrossen Pyramiden. — Wir sahen bereits, dass die Nissl'sche Methode in den erwähnten Schichten ausser den Pyramidenzellen noch andere zu Tage fördert, von denen einige spindel- oder sternförmig sind, die anderen gross, polygonal und mit starken Radiationen versehen. Die Golgi'sche Methode zeigt vor Allem die Zellen mittleren und kleinen

Volumens, bei denen man 3 Typen unterscheiden kann: 1. spindel- oder sternförmige Zellen, deren Axencylinder eine weite Verzweigung erzeugt; 2. sehr kleine Zellen mit kurzem Axencylinder, der alsbald mittelst einer sehr zusammen gedrängten Verzweigung endet; 3. spindelförmige, mit zweifachen Büscheln versehene Zellen, deren Axenfortsatz-Verzweigung sich in verticale Bündel auflöst.

1. Typus. Diesen Zellen begegnet man in der ganzen Sehrinde; ihren Hauptsitz aber haben sie in der Schicht der kleinen Pyramiden; einige liegen an der Grenze der ersten Schicht, bei welcher Gelegenheit sie obwohl nur mit Beziehung auf die Rinde im Allgemeinen, schon von Schaffer und mir erwähnt wurden.

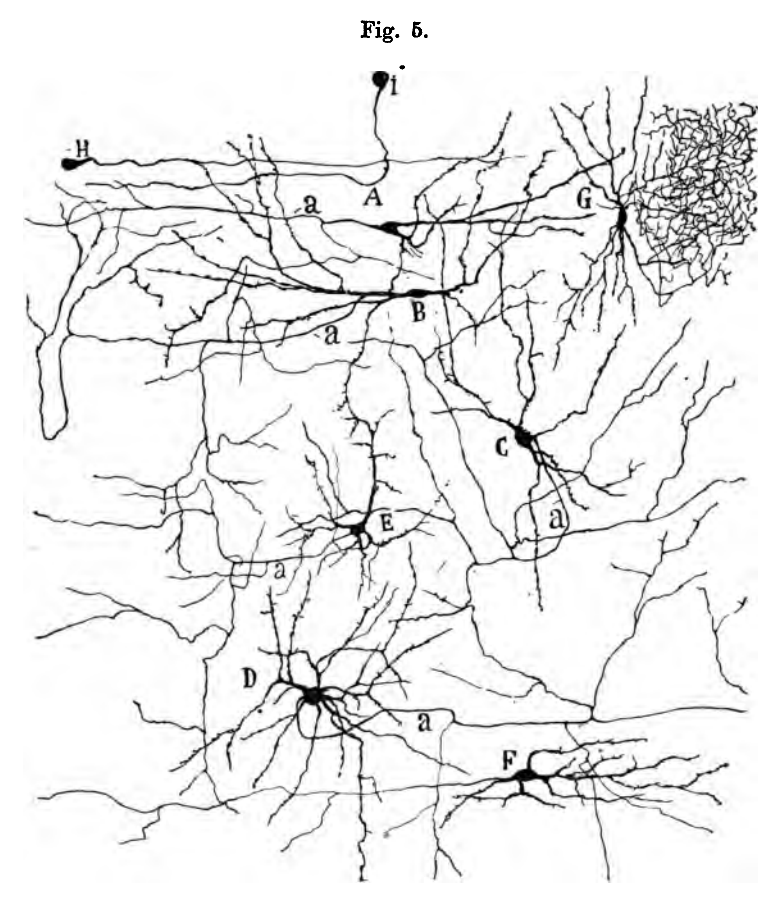
In Fig. 4 demonstriren wir die wichtigsten Zellen dieser Art aus der Sehrinde einer 25 Tage alten Katze. Man sieht, dass die an der äusseren Grenze der Schicht der kleinen Pyramiden gelegenen klein und spindel- oder birnenförmig sind (Fig. 4, a, b); die tiefer liegenden sind spindel- oder sternförmig oder dreieckig und pflegen einen etwas grösseren Umfang zu erreichen. Im Allgemeinen verlaufen die Dendriten nach allen Richtungen, jedoch mit Bevorzugung der radiären und sind zart, und varicös und enden in kurzer Entfernung von dem Zellkörper. Am zahlreichsten sind die aufsteigenden, welche oft ein in der plexiformen Schicht verzweigtes Büschel aussenden.

Beim Menschen sind diese Zellen ebenfalls sehr zahlreich, jedoch schwierigeren zu färben als bei der Katze. In Fig. 5 sind die Hauptexemplare dieser Zellart, wie sie sich beim 15—30 tägigen Neugeborenen färben liessen, dargestellt. Der verticale, spindelförmige, kleine Typus — an der Grenze der plexiformen Schicht — fehlt nicht (Fig. 5 *G*), doch wiegen gewisse eiförmige oder dreieckige, horizontale Zellen vor (Fig. 5, *A*, *B*); diese sind mit langen polaren Dendriten versehen, aus welchen auf- und absteigende Aeste hervorgehen. In den tieferen Ebenen der Schicht der kleinen und mittelgrossen Pyramiden sind die Zellen mit kurzem Axencylinder etwas stärker, weniger zahlreich und vorwiegend sternförmig.

Alle diese Zellen mit kurzem Axencylinder sind von kleinem oder mittlerem Volumen; doch findet man in der zweiten und dritten Schicht, wenn auch vereinzelt, einige grosse sternförmige Zellen, welche mit zahlreichen

starken Dendriten ausgestattet sind; letztere sind theils ab- theils aufsteigende Diese Zellen, mindestens 2 mal grösser als eine kleine Pyramide der

Fig. 5.



Zellen mit kurzem, mehr weniger horizontalem Axencylinder der Schicht der kleinen und mittelgrossen Pyramiden aus der menschlichen Sehrinde. 20 tägiges Kind.

A, B, Zellen mit horizontalem Axencylinder der zweiten Schicht; *C, E*, Zellen mit in der zweiten und dritten Schicht verzweigtem Axencylinder; *D, F*, Zellen mit horizontalem Axencylinder der Schicht der mittelgrossen Pyramiden; *G*, kleine Zelle mit sehr kurzem Axencylinder, der sich unter den kleinen, der ersten Schicht benachbarten Pyramiden verzweigt. *I*, birnenförmige Zelle der ersten Schicht.

menschlichen Rinde, entsprechen wahrscheinlich den grossen sternförmigen Zellen, die wir in den erwähnten Schichten mittelst der Nissl'schen

Methode demonstrirt haben. Ein gleicher Typus findet sich auch in der acustischen und motorischen Rinde.

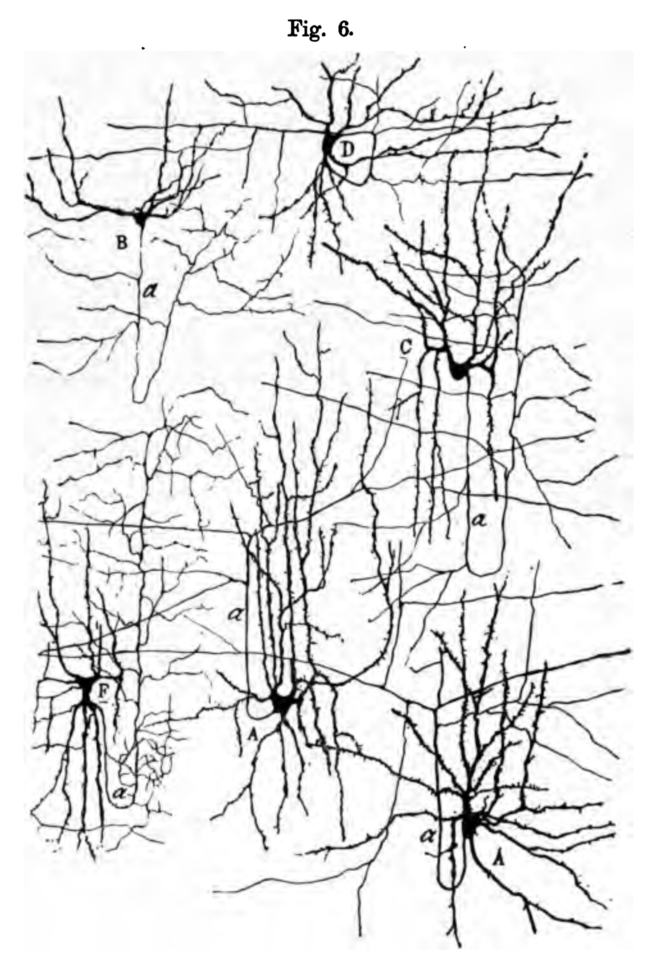
Mit Beziehung auf die Richtung des Axencylinders lassen sich alle diese Zellen in drei Arten unterscheiden: a) Zellen, deren Axencylinder horizontal vorläuft und sich in derselben oder benachbarten Ebene verzweigt (Fig. 5, *A*, *B*, *F*); b) solche, deren Axencylinderverzweigung indifferent ist, jedoch immer in der nächsten Umgebung der Zelle selbst stattfindet (Fig. 5, *C*, *E*); c) solche, deren Axencylinder ein auf- oder absteigender ist und sich ausserhalb der Ebene, in welcher die Zelle selbst liegt, verzweigt. Einige dieser Axencylinder gelangen bis tief in die Schicht der mittelgrossen Pyramiden, wo die Bifurkation und die Endverzweigung erfolgt (Fig. 4). Nicht wenige schliesslich beschreiben, wie aus Fig. 5, *C* und 6, *B* ersichtlich, nach einer abwärts verlaufenden Strecke, einen Bogen, um wieder umzubiegen und im Niveau oder oberhalb der Ursprungszelle zu enden. Die Axencylinder der grossen sternförmigen Zellen (Fig. 6, *A*, *C*) sind dick, verlaufen eine Strecke lang vertikal und lösen sich in eine sehr ausgedehnte Verzweigung sehr langer horizontaler oder schräger Aeste auf, die mit zahlreichen in der Nachbarschaft gelegenen Pyramiden in Verbindung treten. Endlich giebt es Zellen, wie sie in Fig. 6, *F* dargestellt sind, deren gebogener und aufsteigender Axencylinder sich in eine ausserordentlich complexe Verzweigung mit relativ kurzen Aesten auflöst.

2. Typus. In der ganzen Sehrinde befinden sich, wenn auch in geringer Zahl, kleine Zellen, mit zahlreichen, radiären, dünnen, zusammengedrängten, varikösen und nicht weit von ihrem Ursprung endenden Dendriten versehen. Auf den ersten Blick könnte man sie für Neurogliazellen mit kurzen Ausstrahlungen halten; jedoch enthüllen das Fehlen ramificirter Fortsätze an den Dendriten und das Vorhandensein eines Axencylinders sofort die Natur einer Nervenzelle.

Dieser Axencylinder ist sehr zart und löst sich in kurzer Entfernung von seinem Ursprung in eine sehr dichte Verzweigung auf, deren subtile und variköse Aestchen zu ihrer genauen Erkennung ein apochromatisches Objektiv beanspruchen (Fig. 7, *E*). Gelegentlich imprägniren sich diese dichten Verzweigungen isolirt, d. h. ohne die Ursprungszelle, was ihre Untersuchung besonders erleichtert.

Gewisse sehr dichte Ramificationen, welche inselförmig an der Grenze der plexiformen Schicht in der Schicht der kleinen Pyramiden gelagert

Fig. 6.



Grosse Zellen mit kurzem, aufsteigendem Axencylinder aus der Sehrinde eines 15tägigen Kindes (zweite und dritte Zone).

A, grosse Zellen der dritten Schicht, deren Axencylinder sehr lange, horizontale oder schräge Aeste erzeugt; *C*, grosse Zelle mit gebogenem Axencylinder; *D*, grosse Zelle an der Grenze der ersten Zone; *B*, kleine Zelle mit bogenförmigem Axencylinder aus der Schicht der kleinen Pyramiden; *F*, mittelgrosse Zelle mit feinem aufsteigendem und sehr ramificirtem Axencylinder.

sind, gehören vielleicht ebenfalls zu den eben erwähnten Verzweigungen. Diese Ramificationen, welche wir in Fig. 7, *A*, *B*, *C* zur Anschauung

bringen, lassen zahlreiche Löcher übrig, welche einer Plejade von kleinen Pyramiden entsprechen. Die Ausdehnung der Verzweigung wird von oben nach unten geringer und man bemerkt, wenn man die Präparate mit guten Objectiven (1,30 Zeiss) untersucht, dass die ganze Verzweigung aus zwei oder drei feinen Aesten (feiner als jene selbst) hervorgeht, die ihrerseits aus einem vertikalen Schaft entspringen, der sich jenseits der Grenze der kleinen Pyramiden nicht weiter verfolgen lässt. Wenn wir auch die Ursprungszelle nicht zu imprägniren vermochten, so müssen wir dennoch nach Massgabe der Form, Feinheit und Gedrängtheit dieser Verzweigung die letztere für die Nervenfortsatz-Endverzweigung kleiner spindelförmiger Zellen mit kurzem Axencylinder, welche das Chromsilber nicht festgehalten haben, betrachten. Schliesslich haben wir solche dicht gedrängten Verzweigungen auch in der plexiformen Schicht gefunden, doch trat hier öfter die Ursprungszelle zu Tage (Fig. 7, *E*).

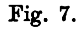
Ausserdem beobachteten wir die erwähnten kleinen Zellen mit kurzem Axencylinder auch in der Rinde der Katze und des Hundes, wo sie etwas voluminöser sind und einen weniger zarten Axencylinder besitzen. In Fig. 15, *E* reproduciren wir eine solche aus dem unteren Theil der Schicht der kleinen Pyramiden. In Fig. 13, *E* zwei weitere, welche in der Schicht der Sternzellen in dem Gehirn eines neugeborenen Kindes lagen.

Hierbei sei erwähnt, dass sehr kleine Zellen mit kurzem Axencylinder auch von Cl. Sala[17]) im Basalganglion der Vögel und von meinem Bruder[18]) in der Rinde der Reptilien und Batrachier gefunden worden sind.

3. Typus: zweifach gebüschelte Spindelzelle. — Unter den von mir jüngst in der menschlichen Hirnrinde entdeckten Zellen giebt es auch kleine Spindelzellen, deren äusserer und innerer Pol sich in ein Bündel sehr feiner, variköser, fast paralleler Dendriten auflöst, die sich, besonders die absteigenden, auf grosse Entfernungen ausdehnen. Die erste und zweite Dichotomie dieser Dendriten sind so deutlich, dass sie das Chromsilber schön dunkel färbt; doch muss man, um sie von den Nervenfasern unterscheiden zu können, das apochromatische Objectiv 1,30 Zeiss benützen, zumal da sie auffallender Weise bei diesen Zellen denselben Verlauf und oft auch dieselbe Lage haben wie die Verzweigungen der Axencylinder. Es giebt jedoch einige Zellen, deren Dendriten grösser

und den aus Zellen mit kurzem Axencylinder entsprungenen zu vergleichen sind.

Obwohl der vorwiegende Typus der bipolare und mit doppeltem protoplasmatischem Verzweigungsbüschel versehene ist, begegnet man noch


Fig. 7.



Feinere Nervenverzweigungen der ersten und zweiten Schicht der Sehrinde eines 15 tägigen Neugeborenen.

A und *B*, sehr dichte Nervenplexus der Schicht der kleinen Pyramiden; *C*, eine weniger dichte Verzweigung; *D*, kleine Zelle, deren aufsteigender Axencylinder sich in eine ähnliche Verzweigung auflöst; *E*, arachnoide Sternzelle, deren Axencylinder in der ersten Schicht einen dichten Plexus erzeugt; *F*, *G*, kleine Zellen mit kurzem, sehr wenig verzweigtem Axencylinder.

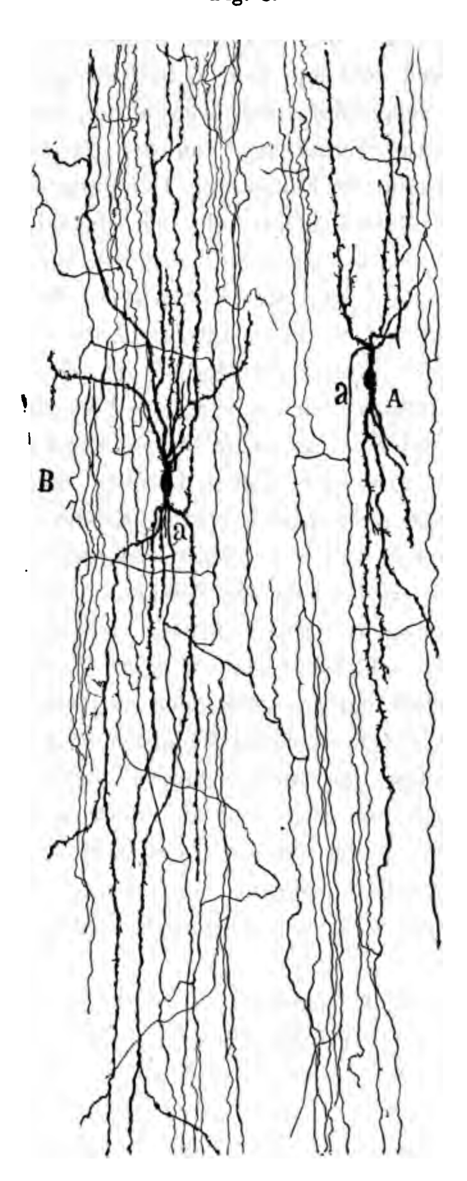
anderen Formen: der dreieckigen und sternförmigen, mit nicht langen, absteigenden oder aufsteigenden, z. Th. horizontalen, gewöhnlich alsbald bifurcirten Dendriten — und der birnförmigen, mit einem einzigen Büschel aufsteigender Dendriten versehenen (Fig. 11, *E*).

Das Interessanteste an dieser Zellform ist jedoch die Art der Axencylinderverzweigung. Wie aus Fig. 8 ersichtlich, ist dieser Axencylinder sehr zart und geht aus dem Zellkörper oder einem Dendriten hervor; er verläuft longitudinal auf- oder absteigend und löst sich, im Allgemeinen in grosser Entfernung von der Ursprungszelle, in einen Pinsel feinster longitudinaler Fäden auf. Unterwegs sendet er im rechten Winkel zahlreiche Collateralen aus, die sich alsbald zu parallelen und wellenförmigen, varicösen, auf- und absteigenden Fadenbündeln anordnen; dieselben sind so lang, dass sie sich fast durch die ganze Dicke der Rinde erstrecken und so dünn, dass zu ihrer vollständigen Analyse ein Objectiv von 1,30 (Zeiss) erforderlich ist. Im Gehirn eines neugeborenen oder 1—2 tägigen Kindes sind diese Verzweigungen noch etwas stark und noch ausgedehnt; um sie in ihrer vollen Entwicklung zu sehen und sich von ihrer ausserordentlichen Feinheit zu vergewissern, muss man sie an der Rinde eines 20—30 tägigen Kindes studiren. Die Fig. 8 giebt kein zutreffendes Bild von dieser Zartheit, da das photozinkographische Verfahren die Striche der Zeichnung erheblich verdickt hat.

Untersucht man genau jedes einzelne der erwähnten Bündel, so bemerkt man in seinem Geflecht ein vertikales Loch, das seinem Aussehen nach, dem Schaft einer grossen oder mittelgrossen Pyramide entspricht. Und, da jede Zelle mehrere Bündel erzeugt oder erzeugen kann, so darf man sagen, dass sich mit ihr mehrere Pyramiden in Verbindung setzen können. Eben mit Beziehung auf diese ganz besonderen Verbindungen behaupteten wir in unserer vorläufigen Mittheilung[19]) über die Sehrinde, dass diese Zellen vielleicht die Aufgabe haben, im vertikalen Sinne in verschiedenen Schichten gelegene Pyramiden in Zusammenhang zu bringen.

Die erwähnten Zellen fanden wir zuerst in der Hörrinde eines 26 tägigen Kindes; später vermochten wir sie auch in der motorischen und Sehrinde nachzuweisen und heute sind wir der Ansicht, dass sie einen wesentlichen Faktor der Rindenstructur bilden. Sie existiren in allen Schichten, doch ist ihr Lieblingssitz, wenn wir nach den bis jetzt gewonnenen Präparaten urtheilen dürfen, die Schicht der kleineren und mittelgrossen Pyramiden. In einigen Präparaten der motorischen und acustischen Rinde sind sie so zahlreich, dass die Nervenverzweigungen oder

Fig. 8.



Kleine in verschiedenen Schichten liegende Zellen. Hörrinde eines 26 tägigen Neugeborenen.

A, Zelle mit absteigendem, ziemlich stark verzweigtem Axencylinder; *B*, Zelle mit einem in zahlreiche, sehr lange, auf- und absteigende Bündel zerfaserten Axencylinder, *a*, Axencylinder.

-Pinsel der einen Zelle an die einer anderen angrenzen und so eine Serie von sehr langen, verticalen, wegen der beispiellosen Zartheit der sie bildenden Fasern gelblich aussehenden Fransen darstellen.

Kürzlich habe ich diese Zellen auch in der Sehrinde der Katze angetroffen; hier jedoch sind ihre Nervenästchen spärlicher und erreichen nicht jene extreme Zartheit und Länge wie beim Menschen (Fig. 15, *d*).

IV.

SCHICHT DER GROSSEN STERNZELLEN.

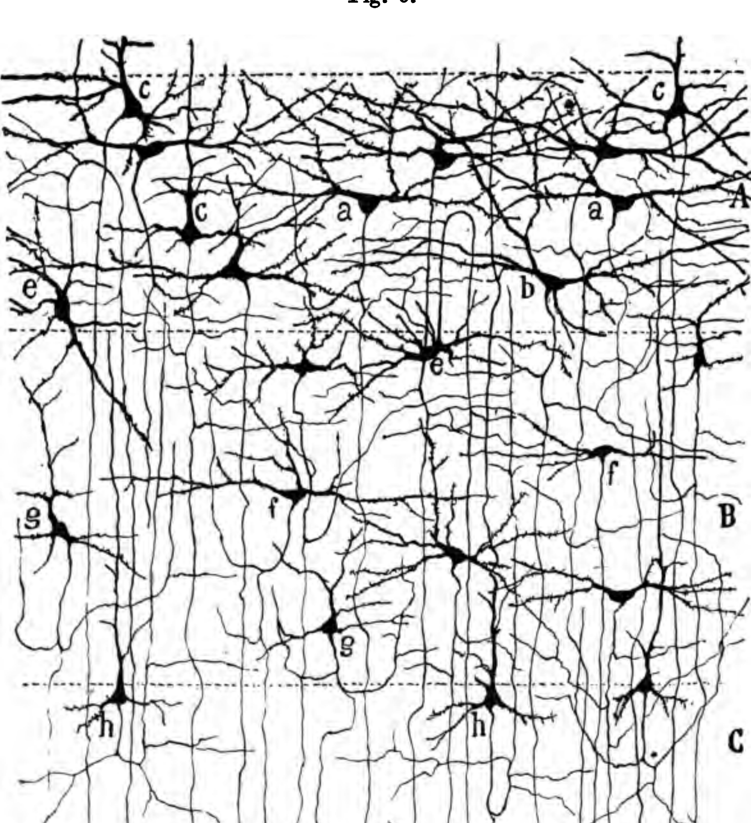
Als höchst charakteristischen Bestandtheil der Sehrinde erkennt man sie an Nissl- wie an Golgi-Präparaten leicht an dem grösseren Reichthum an intercellulärem Netzwerk, welches sich in ihr vorfindet, (Molekularsubstanz) wie an dem erheblichen Volumen der Zellen und dem Mangel einer bestimmten Lagerichtung derselben, welche statt der den Pyramiden eigenthümlichen radiären Richtung ihre Dendriten nach allen Richtungen, vorzugsweise aber nach der horizontalen aussenden.

Schon an Nissl-Präparaten bemerkt man deutlich die Existenz zweier Zelltypen in dieser Zone: grosse, halbmondförmige, dreieckige oder sternförmige, unregelmässig vertheilt und ihr Zellkörper mit reticulirtem Protoplasma reichlich ausgestattet; und kleine, ei- oder spindelförmige, mit vorwiegend auf- oder absteigenden Dendriten. Die eigentliche Morphologie aller dieser Zellen wird jedoch aus Chromsilberpräparaten ersichtlich, an welchen man deutlich die folgenden Varietäten unterscheiden kann; 1. die Riesen- oder mittelgrosse Sternzelle mit langem absteigendem Axencylinder; 2. die spindel- oder eiförmige Zelle mit kurzem aufsteigendem Axencylinder; 3. einige kleine Sternzellen mit kurzem Axencylinder; 4. hier und da eine mittelgrosse oder grosse dislocirte Pyramide.

1. **Riesensternzelle.** — Sie bildet das charakteristischste Element und wahrscheinlich das häufigste der 4. Schicht (Fig. 9, *A*). Horizontal betrachtet erscheinen sie sternförmig, in vertikalen Schnitten jedoch wegen der geringen Abplattung des Körpers zuweilen verlängert und

spindelförmig: es fehlen auch nicht eiförmige, dreieckige und selbst mitraförmige Zellen, wie aus Fig. 9, *a*, *b* ersichtlich.

Fig. 9.



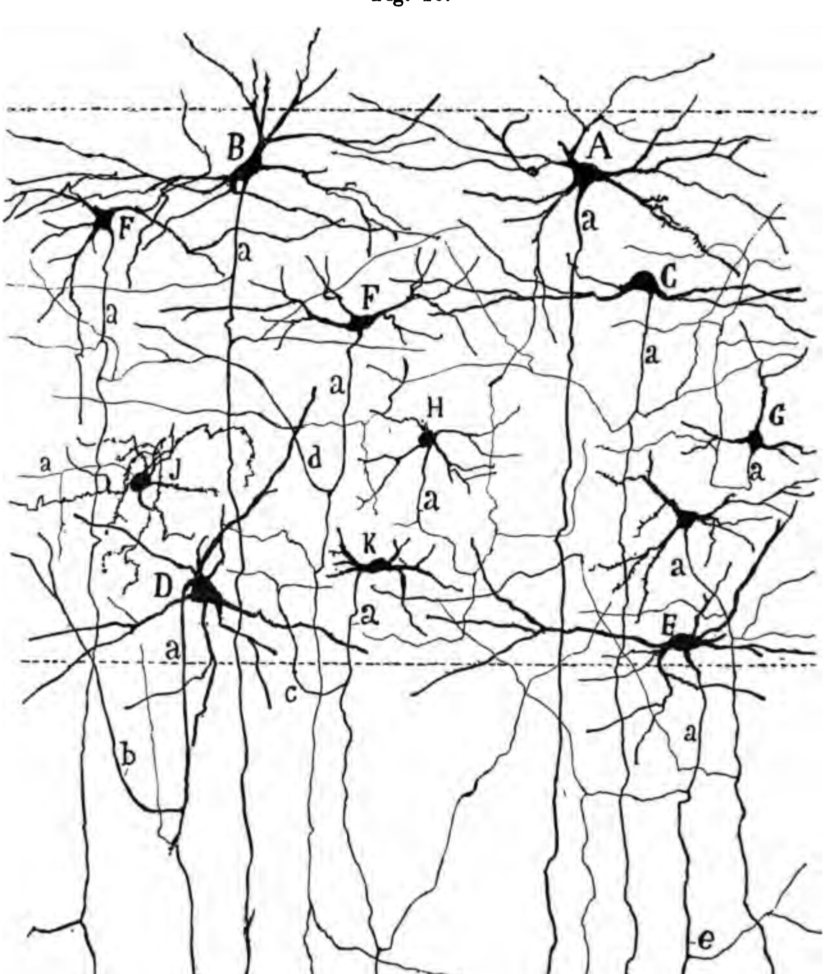
Schichten der Sternzellen der Sehrinde des 20 tägigen Neugeborenen (Fissura calcarina).

A, Schicht der grossen Sternzellen; *a*, halbmondförmige Zellen; *b*, horizontale Spindelzelle; *c*, Zellen mit einem zarten radiären Fortsatz; *e*, Zelle mit gebogenem Axencylinder; *B*, Schicht der kleinen Sternzellen; *f*, horizontale Spindelzellen; *g*, dreieckige Zellen mit starken gebogenen Collateralen; *h*, Pyramiden mit gebogenem Axencylinder, an der Grenze der fünften Schicht; *C*, Schicht der kleinen Pyramiden mit gebogenem Axencylinder.

Diese Zellen nehmen ohne Regelmässigkeit die verschiedenen Ebenen der Schicht ein, obgleich es uns schien, als träfe man sie besonders im äusseren Theil, woselbst sie eine unterbrochene Reihe bilden.

Die Dendriten sind kräftig, verlaufen horizontal, theilen sich ver-

Fig. 10.



Grosse Sternzellen der vierten und fünften Schicht, Gehirn eines Erwachsenen.

A, B, C, D, Riesensternzellen; *F, K,* mittelgrosse Sternzellen; *G, H, J,* kleine Zellen mit kurzem Axencylinder; *a*, Axencylinder; *b, d*, dicke aufsteigende Collateralen; *e*, Collaterale für die unteren Schichten.

schiedene Male und erstrecken sich auf weite Entfernungen. Nicht selten trifft man jedoch absteigende und selbst aufsteigende Dendriten;

indess ziehen die letzteren in keinem Falle nach der plexiformen Schicht, ein sehr wichtiges negatives Moment, wodurch sich die Sternzelle auf den ersten Blick von der Pyramide unterscheidet. In Fig. 9 demonstriren wir die Hauptformen der Sternzellen aus der Rinde eines 15tägigen Kindes. Man beobachtet, dass die Spindel- und Halbmondform des Körpers und die horizontale Richtung der Dendriten überwiegt. Vergleicht man diese Zellen mit denen beim Erwachsenen, die sich ebenfalls in ganz gelungener Weise imprägniren liessen (Fig. 10), so bemerkt man, dass der Umfang mit zunehmendem Alter sich vergrössert, ja bei den grössten das Doppelte erreicht hat, während die Lage und Richtung der Protoplasmaverzweigung unverändert geblieben ist.

Der Axencylinder ist dick, entspringt aus der unteren Seite des Zellkörpers oder aus dem Anfangstheil eines Dendriten und zieht in gerader Linie quer durch die darunterliegenden Schichten, um sich in die weisse Substanz zu begeben, wo er sich in eine Markfaser fortsetzt. In seinem Verlauf durch die Sternzellenschicht giebt er diese und jene zwischen den gleichnamigen Zellen verzweigte Collaterale ab; doch entsprossen die stärkeren und die meisten Collateralen auf seinem Wege durch die Schicht der kleinen Sternzellen, in deren Zwischenräumen sie mittelst successiver Dichotomien, ein weitmaschiges Netz, deren Trabekeln horizontal liegen, bilden, und lassen sich auf grosse Strecken verfolgen.

Bei manchen Zellen ist die erste Collaterale so kräftig, dass sie in Wirklichkeit die wahre Fortsetzung des Stiels repräsentirt, beschreibt sie einen Bogen mit äusserer Concavität und verzweigt sie sich in dem äusseren Theil der Schicht der kleinen Sternzellen. Andere Zellen senden zwei oder mehr dicke, bogenförmige oder rückläufige Collateralen aus, in Folge dessen sich der Rest des Schaftes erheblich verdünnt; in jedem Falle aber und wenn die Imprägnation eine vollständige ist, lässt er sich bis in die weisse Substanz verfolgen. Nicht selten sieht man den Axencylinder auf dem Wege durch die Schicht der Riesenpyramiden und diejenige der kleinen Zellen mit aufsteigendem Axencylinder eine Collaterale abgeben, die sich in diesen Regionen verzweigt oder, was das Gewöhnlichere zu sein scheint, sich rückwärts wendet nach der Schicht der kleinen Sternzellen, wo sie sich verzweigt.

Endlich giebt es unter den grossen Sternzellen einige gewöhnlich tiefer gelegene, deren Axencylinder, bevor er in die Tiefe steigt, sich nach oben wendet, dabei in den äusseren Partien der hier in Rede stehenden Schicht einen Bogen beschreibend und an dieselben mannigfaltige und reichlich verzweigte Collateralen abgebend. (Fig. 9, e.)

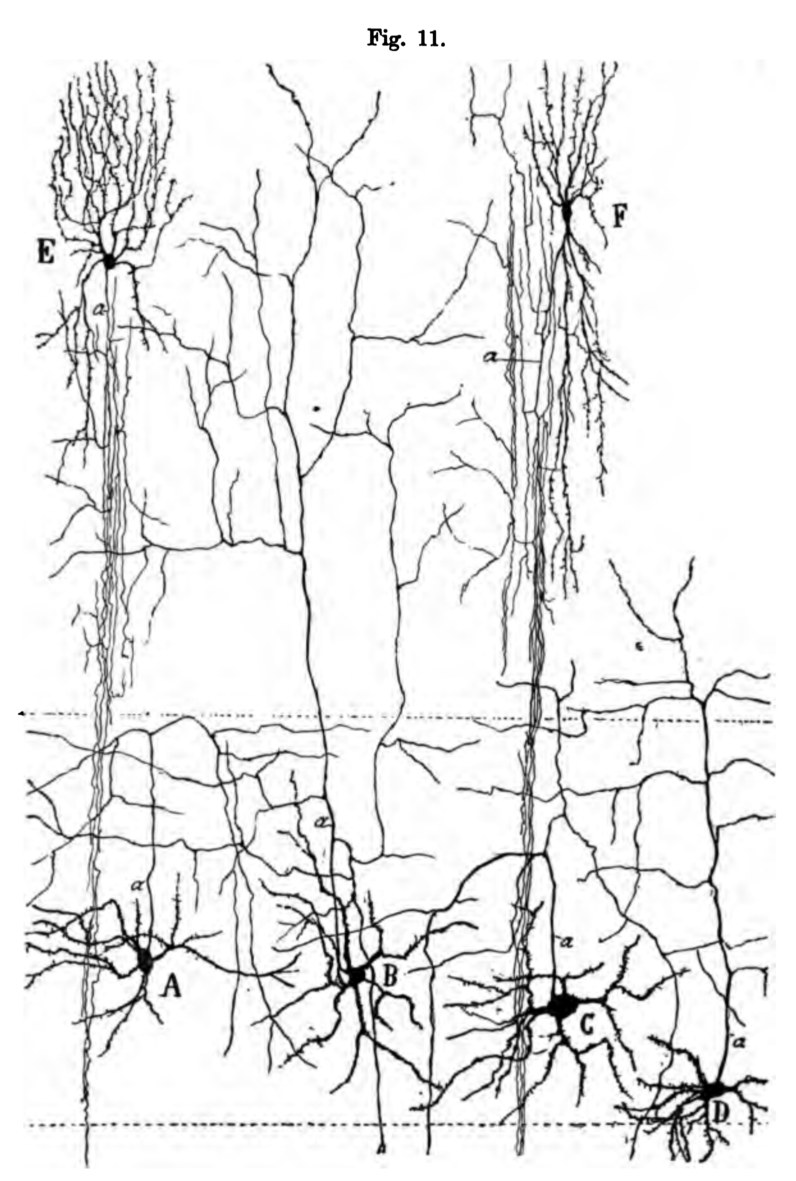
2. Zellen mit kurzem aufsteigenden Axencylinder. — Sie sind ziemlich zahlreich und liegen ungeordnet über die ganze Schicht verbreitet. Wie aus Fig. 11, *A*, *B*, *C* ersichtlich, sind dieselben beim Menschen eiförmig, ohne bestimmte Lagerichtung; die Dendriten, zart, varikös und wenig stachlig, erstrecken sich nach allen Richtungen, ohne jedoch für gewöhnlich die Schicht, in welcher sich die Ursprungszelle befindet, zu überschreiten. Der Axencylinder entspringt gewöhnlich oben und steigt in fast gerader Linie nach dem äusseren Theil der vierten Schicht, woselbst er sich in eine reiche Endverzweigung auflöst, deren Aestchen, in der Mehrzahl horizontal, den zwischen den grossen Sternzellen gelegenen Nervenplexus compliciren.

Mit Rücksicht auf die Länge des Axencylinders lassen sich zwei Varietäten dieses Zelltypus unterscheiden: Zellen, deren Axencylinder sich ausschliesslich in der Schicht der grossen Sternzellen verzweigt (Fig. 11, *A*) und Zellen, deren Axencylinder nach Abgabe zweier oder dreier Collateralen an diese Schicht, den oberen Rand der Schicht der mittelgrossen Pyramiden erreicht oder sich noch weiter fortsetzt, eine ausgedehnte Endverzweigung erzeugend. (Fig. 11, *B*.) Ferner beobachtet man an einigen Zellen dieser Art eine oder mehrere Collateralen, welche bis in die Schicht der kleinen Sternzellen hinabsteigen. In der Zelle *C* der Fig. 11 steigt eine Collaterale bis fast zum unteren Rand dieser letztgenannten Schicht hinab und setzt sich vielleicht in eine Markfaser der weissen Substanz fort.

3. Sternzellen mit kurzem Axencylinder. — Dieser Typus ist hier durch einige Zellen repräsentirt, die nicht so klein sind wie die in den anderen Schichten gelegenen und charakterisirt durch die grosse Zahl ihrer Dendriten und durch das gewellte und verwickelte Aussehen der letzteren, welches an die Protoplasmafortsätze der Zellen der Bulbärolive erinnert. Der sehr feine Axencylinder löst sich nahe seinem Ursprung in eine gedrängte Endverzweigung von geringer Ausdehnung auf.

4. Mittelgrosse Pyramiden. — An einigen Stellen der Sehrinde

Fig. 11.



Zellen der Sehrinde eines 15 tägigen Kindes (vierte Schicht).

A, Zelle, deren Axencylinder sich oben in der vierten Schicht vertheilt; *B*, Zelle, deren Axencylinder sich in der dritten und vierten Schicht vertheilt; *C*, Zelle, welche Nervenäste in die dritte, vierte und fünfte Schicht abgiebt; *D*, Zelle, deren aufsteigender Axencylinder sich in der vierten und an der Grenze der dritten Schicht vertheilt; *E*, *F*, kleine doppeltgebüschelte Zellen der Schicht der mittelgrossen Pyramiden; *a*, Axencylinder.

und besonders in dem äusseren Theil der vierten Schicht trifft man diese und jene dislocirte Pyramidenzelle, deren radiärer, im Allgemeinen im Vergleich zu dem der homonymen Zellen zarter Schaft bis in die Molekularschicht steigt; die basilaren Dendriten verlaufen mehr oder weniger horizontal und was den Axencylinder anbelangt, so verliert er sich nach Abgabe einer Collaterale an die nächstfolgende Schicht in der weissen Substanz (Fig. 9, *C*).

V.
SCHICHT DER KLEINEN STERNZELLEN.

Diese den Körnern der Autoren entsprechende Schicht erscheint an Nissl-Präparaten von einer Menge kleiner Kerne gebildet; dieselben sind dichtgedrängt und gewöhnlich zu unregelmässigen oder vertikalen Plejaden oder Inseln angeordnet, welche durch radiäre Bündel von Nervenfasern oder die zu Zellen daruntergelegener Schichten gehörigen Dendritenschäfte von einander getrennt sind. Der Protoplasmarand, welcher diese Kerne umgiebt, ist zart und kaum wahrnehmbar; doch kommen auch Zellen mit reichlicherem Protoplasma vor, welche, hinsichtlich ihrer Grösse und Sternform, mit den Zellen mittleren Volumens der vorhergehenden Schicht verglichen werden können.

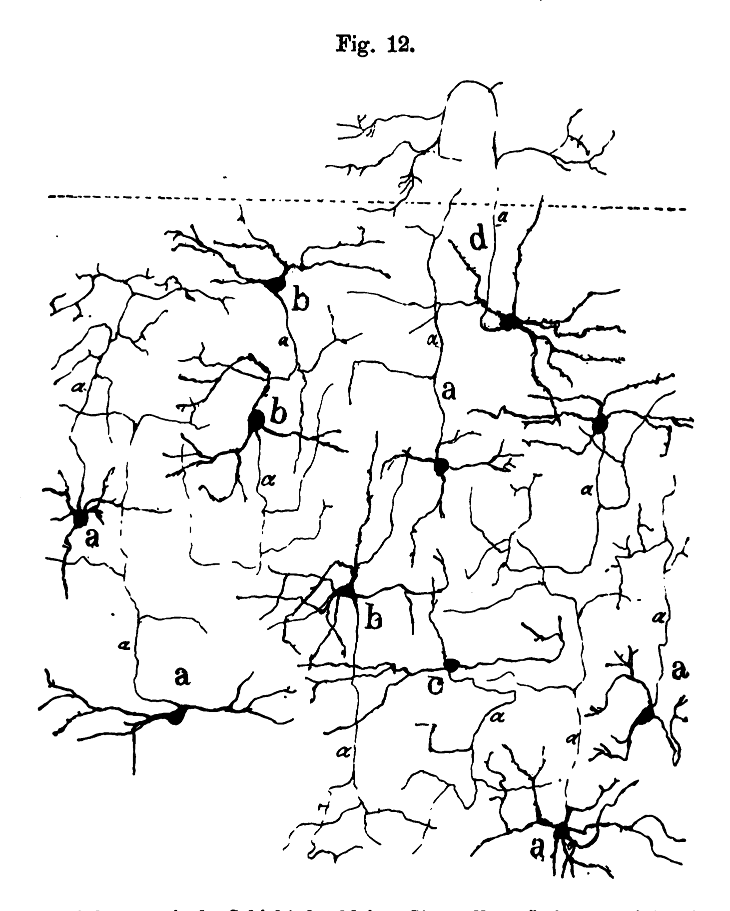
Mit der Golgi-Methode überzeugt man sich leicht davon, dass die Körner der Autoren wirkliche Nervenzellen sind. Allerdings gehören sie verschiedenen morphologischen Typen an, von denen wir erwähnen: Die Sternzellen mit langem absteigendem Axencylinder; die Sternzellen mit kurzem aufsteigendem Axencylinder; die kleinen Spinnenzellen mit kurzem und sehr feinem Axencylinder.

Sternzellen mit langem Axencylinder. — Sie bilden die Mehrzahl der in der fünften Schicht vorhandenen Zellen und ähneln erheblich denen der vierten, von welchen sie sich nur durch ihren geringeren Umfang und die Zartheit und Spärlichkeit der Verzweigungen ihrer Dendriten unterscheiden. Zuweilen trifft man jedoch auch Zellen von der Grösse derjenigen der vorhergehenden Schicht, wie aus dem der Rinde eines erwachsenen Menschen entnommenen Präparat in Fig. 10 ersichtlich.

Die mittelgrossen und kleinen Zellen sind gewöhnlich polygonal

oder auch eiförmig, mit drei, vier oder mehreren zarten, divergirenden Fortsätzen versehen, welche sich in dieser Schicht selbst verzweigen und in geringer Entfernung enden; die grossen sind oft spindel- oder halb-

Fig. 12.



Kleine Zellen mit kurzem, in der Schicht der kleinen Sternzellen mässig verzweigtem Axencylinder.
a, Zellen mit feinem aufsteigendem Axencylinder; *b*, *c*, Zellen mit absteigendem Axencylinder; *d*, etwas grössere Zelle, deren Axencylinder sich in der vierten Schicht vertheilt; *α*, Axencylinder.

mondförmig und haben lange starke Dendriten, die vorzugsweise in horizontaler Richtung verlaufen (Fig. 9, *γ*).

Der Axencylinder verhält sich im Wesentlichen so wie bei den Sternzellen der vorhergehenden Schicht; er entspringt aus dem unteren

Theil des Körpers oder aus einem Dendriten, wendet sich nach unten, verdünnt sich bei der Annäherung an die sechste Schicht beträchtlich und tritt schliesslich in die weisse Substanz ein, in welcher er sich in eine feine oder mittelstarke Markfaser fortsetzt. Oft macht er zuerst einen Bogen oberhalb der Zelle, um nachher in die Tiefe zu dringen.

Der aus dem Anfangsstück des Axencylinders entsprossenen Collateralen giebt es drei, vier oder noch mehr; sie sind dick und können in manchen Fällen als die eigentliche Endigung des Nervenfortsatzes betrachtet werden. Einige von ihnen entspringen im Niveau der sechsten Zone, wenden sich alsdann zurück und beschreiben einen Bogen in der fünften, in der sie sich vertheilen; andere, welche aus dem Anfangsstück des Axencylinders hervorgehen, ziehen zurück bis in die vierte Schicht, in diejenige der grossen Sternzellen; alle diese Fasern gehen in der fünften Schicht eine complicirte Verzweigung ein und bilden einen dichten Plexus, dessen Trabekeln vorwiegend in horizontaler Richtung verlaufen.

Senden alle Sternzellen, die kleinen, mittleren und grossen, ihren Axencylinder in die weisse Substanz?

In der Sehrinde des Erwachsenen bestätigt es sich in der That, dass der Axencylinder der grossen Mehrzahl der Sternzellen, auch derjenigen mittlerer Grösse, nach Bildung einer complicirten Collateralverzweigung, einen mehr oder weniger feinen Ast in die weisse Substanz sendet; doch ist zu bemerken, dass sich dies bei den kleineren Zellen der Sehrinde eines 5, 15 und 20 tägigen Kindes nicht nachweisen lässt. Wie man in Fig. 12, *a*, *b*, *c* sehen kann, giebt es kleine Sternzellen, deren sehr feiner Nervenfortsatz in der fünften Schicht ab- oder aufsteigt und sich nach kurzem Verlauf theilt; seine successiv in den verschiedenen Ebenen der Schicht gespaltenen und verdünnten Aeste scheinen frei zu enden, ohne irgend eine Fortsetzung zu erfahren, welche die Grenzen der Schicht überschritte (Fig. 12). Mit Rücksicht hierauf könnte man annehmen, dass es sich hier um Zellen mit kurzem Axencylinder handelt, charakterisirt durch die Spärlichkeit, Glattheit und Zartheit ihrer Dendriten; jedoch lässt sich bei einer so feinen und labyrinthartigen Structur wie die der kleinen Sternzellen ein Irrthum kaum mit Sicherheit ausschliessen und man könnte auch annehmen, dass, bei der Dünnheit des

Endstücks des Axencylinders im Vergleich zu der Stärke der Initial-collateralen diese, zufolge mangelhafter Imprägnirung oder Entwicklung desselben uns die einzige Nervenfortsatz-Verzweigung zu sein scheinen; ein Irrthum, der um so leichter möglich ist, als bei vielen kleinen Sternzellen das Endstück des Axencylinders nicht immer in gerader, sondern mehr weniger schräger Linie verläuft und durch seine grossen Biegungen die Verfolgung seines Verlaufs erschwert, was namentlich dann der Fall, wenn sich der Nervenfaserplexus der fünften Zone deutlich imprägnirt hat. Auf alle Fälle und mit aller unter solchen Umständen nothwendigen Reserve neigen wir zu der Annahme, wenn auch nicht sämmtliche, so doch die Mehrzahl der in Fig. 12 (*a*, *b*, *c*) demonstrirten kleinen Zellen für solche mit kurzem Axencylinder zu halten, dessen Richtung eine sehr verschiedene ist und der, zum Unterschied von demjenigen der Zellen, welche wir noch beschreiben werden, die fünfte Zone nicht verlässt. Man kann sie als Zellen mit kurzem Axencylinder und wenigen Dendriten bezeichnen.

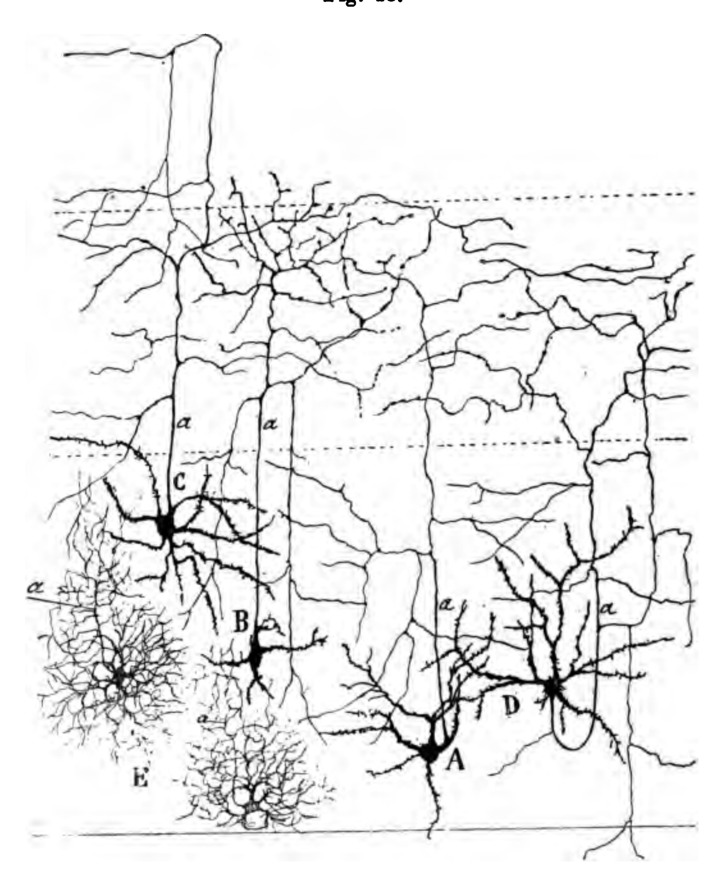
Zellen mit aufsteigendem Axencylinder. — So nennen wir gewisse Spindelzellen bei der Katze und dem Hunde, eiförmige oder Sternzellen beim Menschen, deren Axencylinder, oben von dem Zell-Körper entsprossen, vertikal in die Schicht der grossen Sternzellen zieht, woselbst er mit einer horizontalen, lockeren und sehr ausgedehnten Verzweigung endet (Fig. 13, *A*, *B*).

In seinem aufsteigenden Verlauf sendet er auch Collateralen in die fünfte Schicht; in einigen Fällen, siehe Fig. 13, *B*, wendet sich der Axencylinder zurück nach der vierten Schicht und steigt erst dann hinab in die fünfte, in welcher er sich vertheilt; dabei giebt er in seinem bogenförmigen Verlauf zahlreiche Collateralen an die Schicht der grossen Sternzellen ab. Bei einigen Zellen endlich kann die in der vierten Schicht befindliche Endverzweigung einige aufsteigende Aestchen zwischen die mittelgrossen Pyramiden senden (Fig. 13, *C*). Kurzum: das Verhalten der Collateralen und der Endverzweigung des Axencylinders veranlasst uns diese Zellen als eine Abart von Zellen mit kurzem Axencylinder zu betrachten, durch welche vornehmlich der Strom der vierten und fünften Schicht zugeführt wird.

Die Dendriten dieser Zellen sind wenig zahlreich, ziehen nach allen

Richtungen, wenn auch meist in aufsteigender und sie wie der Körper zeigen die Eigenthümlichkeit, zahlreiche Dornen oder zottige Anhängsel

Fig. 13.



Zellen mit aufsteigendem Axencylinder der fünften Schicht der Sehrinde. 15 tägiges Kind.

A, *B*, Zellen, deren Axencylinder sich in der Schicht der grossen Sternzellen vertheilt; *C*, Zellen, deren Axencylinder ausserdem Aeste an die Schicht der mittelgrossen Pyramiden abgiebt; *D*, Zelle, deren anfangs bogenförmiger Axencylinder Aeste in die vierte, fünfte und sechste Schicht abgiebt; *E*, sehr kleine Zellen mit kurzem aufsteigenden Axencylinder; *a*, Axencylinder.

zu besitzen. Dieses zottige Aussehen lässt sie auf den ersten Blick von den mittelgrossen oder kleinen Sternzellen unterscheiden, deren Körper und Dendriten glatt oder fast glatt sind.

Sternzellen mit kurzem Axencylinder. — Es lassen sich morphologisch zwei Typen unterscheiden: 1. mittelgrosse Zellen mit zahlreichen, varikösen divergirenden Dendriten und einem feinen aufsteigenden, absteigenden und horizontalen Axencylinder, der sich locker in der fünften Schicht verzweigt (Fig. 10, *J*); 2. sehr kleine spinnenförmige Zellen, so klein, dass nur Objektiv 1,30 Zeiss die Eigenthümlichkeit ihrer Fortsätze aufzuklären vermag. In Fig. 13, *E* reproduciren wir 2 Zellen dieser letzteren Spezies, die der Sehsphäre eines 15 tägigen Neugeborenen entnommen sind. Man beobachtet die ausserordentliche Zartheit und die beträchtliche Menge der Dendriten, deren Aeste wie eine Schnur feinster Körnchen aussehen und ein sehr dichtes Netzwerk bilden, in dem sich die den eingeschlossenen Zellen entsprechenden Löcher deutlich markiren. Was den Axencylinder anlangt, so ist er von einer unvergleichlichen Feinheit; er verläuft in aufsteigender Richtung und bildet in nicht sehr weiter Entfernung eine sehr complicirte Verzweigung, welche in der Umgebung einer Plejade von Sternzellen angeordnet ist. Die erwähnten spinnenförmigen Zellen sind über die ganze fünfte Schicht verbreitet und sind nach unseren letzten Präparaten aus dem Gehirn eines Neugeborenen zu urtheilen, ziemlich zahlreich. — Alles in Allem können wir sagen: die fünfte Schicht beherbergt eine enorme Menge von Zellen mit kurzem Axencylinder (Typus dicker, variköser Fortsätze, Typus zarter und spärlicher Dendriten, welcher früher beschrieben ist, arachnoider Typus, grosser sternförmiger Typus mit nach der vierten Schicht aufsteigendem Axencylinder), mittelst deren ein weites System von Verbindungen etablirt ist, zwischen den Opticusfasern einerseits, welche, wie wir später sehen werden, sich vorwiegend in der fünften Schicht vertheilen, und den Sternenzellen mit langem Axencylinder dieser und der vierten Schicht andrerseits.

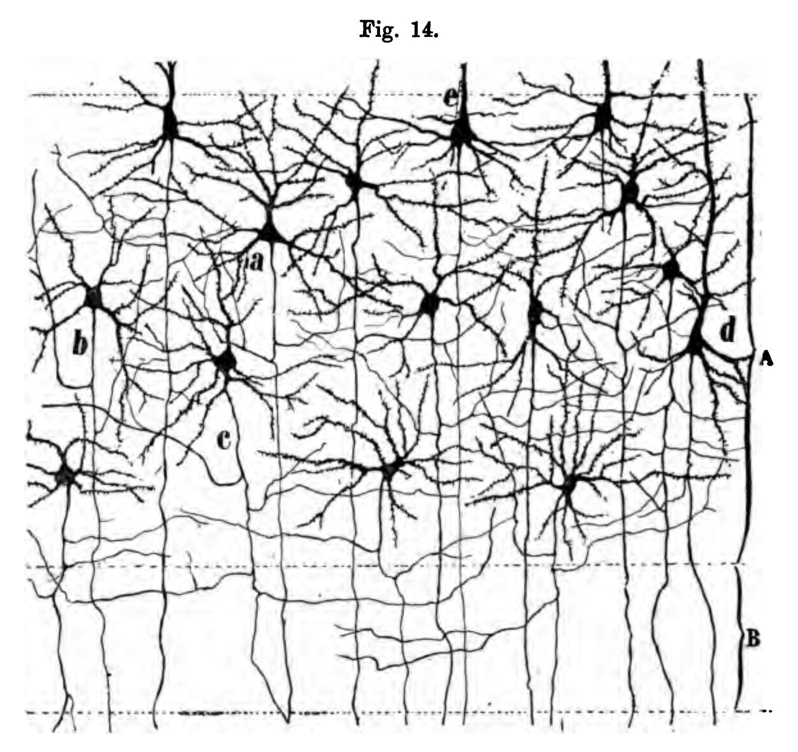
Schicht der Sternzellen bei anderen Säugethieren mit Windungshirn. — Durch wohlgelungene Imprägnirungen vermochten wir im Gehirn der 15 — 30 Tage alten Katze und eines ebenso alten Hundes die Existenz einer sehr ausgedehnten Schicht vou Körnern oder Sternzellen zu bestätigen; dieselbe liegt unter den mittelgrossen Pyramiden und lässt nicht die beiden Schichten der grossen und kleinen Zellen wie beim Menschen unterscheiden; die verschiedenen Zellen erscheinen durch-



einander gemengt, sowohl in Nissl- wie an Golgipräparaten, und man kann nur sagen, dass die grösseren in der äusseren Hälfte oder den äusseren zwei Dritteln der Schicht etwas zahlreicher sind.

Die folgenden Arten vermochten wir auseinander zu halten:

Fig. 14.



Sternzellen der Sehregion einer 25tägigen Katze.

A, Sternzellenschicht (vierte und fünfte beim Menschen); *B*, Schicht der Riesenpyramiden; *a*, *b*, *c*, Sternzellen mit langem absteigenden Axencylinder; *d*, *e*, mittelgrosse, mit Sternzellen vermengte Pyramiden.

1. **Sternzellen von mittlerem oder grossem Umfang.** — (Fig. 14, *a*, *b*.) Man trifft sie in der ganzen Schicht an, etwas zahlreicher jedoch in der Nähe der mittelgrossen Pyramiden. Ihre Vertheilung scheint in den verschiedenen Regionen der Sehrinde keine gleichmässige zu sein; es giebt Stellen, wo sie eine dichte und regelmässige Schicht bilden, welche von den genannten Pyramiden bis zu der Zone der Riesenpyramiden reicht, während an anderen Orten derselben Windung die

Pyramiden einen grossen Theil des Gebiets der Sternzellen einnehmen und diese selbst auf unzusammenhängende und unregelmässige Plejaden reducirt sind.

Die Sternzellen besitzen zahlreiche lange und zottige Dendriten, die sich nach allen Richtungen, jedoch vorzugsweise horizontal erstrecken; mit ihren Verzweigungen überschreiten sie nicht die Schicht, in der sie liegen. Nur die an der Grenze befindlichen, mittelgrossen Pyramiden senden manchmal einen starken radiären Dendriten aus, dessen Aeste in die darübergelegene Schicht gelangen. Dieser äussere Dendrite, der sich alsbald spaltet, scheint die plexiforme Schicht nicht zu erreichen und repräsentirt allem Anschein nach einen atrophirten Radiärschaft einer Pyramide.

Der kräftige Axencylinder steigt fast vertical nach abwärts durch die darunter liegenden Schichten und begiebt sich in die weisse Substanz. Während seines Anfangsverlaufs giebt er drei oder vier horizontale oder aufsteigende Collateralen ab, die ausschliesslich in der in Rede stehenden Schicht verzweigt sind.

In einigen Fällen beobachtet man auch die schon erwähnte Thatsache, dass die Initialcollateralen so stark sind, dass sie die Hauptendigung des Nervenfortsatzes darstellen (Fig. 14, *b*, *c*).

2. **Grosse Spindelzelle mit aufsteigendem Axencylinder** (Fig. 15, *D*). Es handelt sich hierbei um eine ziemlich häufig vertretene, vertical verlängerte Zelle, aus deren Polen zwei Protoplasmabüschel, ein aufsteigendes und ein absteigendes, entspringen: Alle diese Dendriten, sowie der Körper, erscheinen mit Dornen besetzt, ähnlich wie die homonymen Zellen des Menschen (die Zellen mit aufsteigendem Axencylinder der Schicht der kleinen Sternzellen).

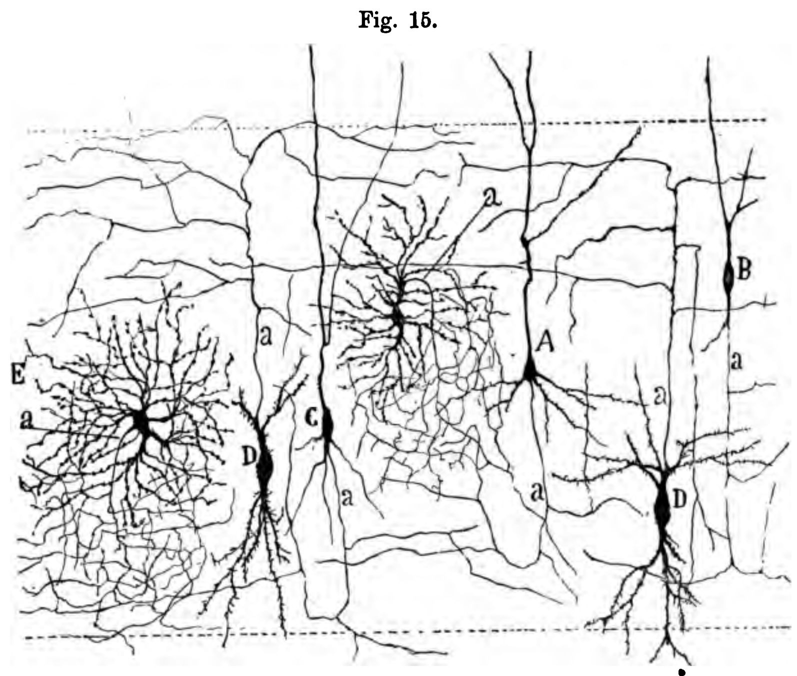
Der Axencylinder ist ziemlich dick, entspringt aus dem Körper oder aus einem aufsteigenden Dendriten, zieht nach der oberen Partie der Schicht und löst sich in eine weite Verzweigung auf, deren Hauptäste sehr lang und horizontal sind und an vielen Punkten an die Sternzellen herantreten.

3. **Kleine Spindelzelle oder Pyramide mit kurzem Axencylinder.** Man findet sie in der ganzen Schicht der Sternzellen, doch bevorzugt sie die untere Hälfte derselben. Ihr geringer Umfang und ihre grosse



Menge verleihen insbesondere der vierten Schicht der Rinde der Katze und des Hundes, wenn sie mit den gewöhnlichen Methoden untersucht wird, jenes Aussehen von kleinen Körnern, welches schon die Autoren erwähnt haben. In Fig. 15, *A*, *B*, *C* demonstriren wir die typischsten dieser Zellen aus dem Gehirn einer 28 tägigen Katze. Wie man bei *C*

Fig. 15.



Verschiedene Zellen aus der Schicht der Sternzellen der Sehrinde der 28 tägigen Katze.

A, B, C, kleine Pyramiden und Spindelzellen mit bogenförmigem aufsteigenden Axencylinder; *D*, grosse Spindelzellen mit aufsteigendem Axencylinder; *E*, spinnenförmige Zellen mit kurzem Axencylinder; *a*, Axencylinder.

sieht, haben einige davon eine bipolare Gestalt mit langem äusserem Fortsatz und einem kürzeren und alsbald verzweigten, basilaren, aus welchem der Axencylinder entspringt, die Mehrzahl hat jedoch die Form kleiner Pyramiden, aus deren Basis verschiedene dünne und nicht lange absteigende Dendriten hervorgehen, während aus dem Scheitel ein zarter, bis in die erste oder plexiforme Schicht reichender Schaft sich erhebt. Der Axencylinder ist sehr dünn; er steigt erst eine kurze Strecke nach

abwärts und wendet sich in verschiedenen Niveaus der vierten Schicht in nach aussen concavem Bogen zurück, um sich in dieser Schicht zu verzweigen. Andere Axencylinder theilen sich, ohne den erwähnten Bogen zu beschreiben und die beiden Aeste wenden sich zurück und verzweigen sich in der erwähnten Weise. Dieses schien uns die häufigste Anordnung zu sein. Sowohl aus dem absteigenden Anfangsstück wie aus dem Bogen und dem aufsteigenden Theil oder aus dem doppelten Endast entspringen sehr zahlreiche Collateralen, die sich in der vierten Schicht (vierte und fünfte Schicht beim Menschen) vertheilen, ohne deren obere Grenze zu überschreiten.

Die tiefer gelegenen Zellen besitzen einen kürzeren Axencylinder als die anderen und seine Collateralen und Endigungen, ausserordentlich lang, verlaufen horizontal nach der Schicht der Riesen-Pyramiden, zu denen sie in enge Beziehung treten.

4. Sternzellen mit kurzem, reichlich verzweigtem Axencylinder. Einige in der in Rede stehenden Schicht befindliche, mittelgrosse Sternzellen besitzen einen absteigenden Axencylinder, der sich in dieser selbst zu verästeln scheint, ohne sich bis in die weisse Substanz fortzusetzen (Fig. 16, *a*).

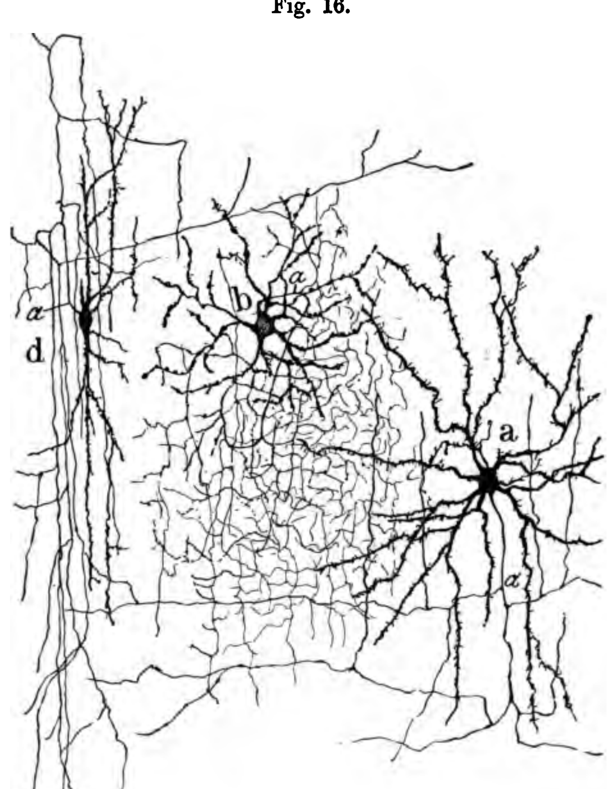
5. Spinnenzellen mit sehr kurzem Axencylinder. — Sie verhalten sich wie die homonymen der menschlichen Rinde, von denen sie nur durch die etwas dickeren und sehr varikösen Dendriten abweichen. Der Axencylinder löst sich alsbald in eine über die verschiedenen Etagen der Sternzellenschicht (Fig. 16, *b*) vertheilte Verzweigung auf.

6. Mittelgrosse oder grosse Pyramiden vom gewöhnlichen Typus. — Solche Zellen pflegen nie zu fehlen, selbst nicht in den besser differenzirten Schichten der Sehrinde; sie sind unregelmässig zwischen den Sternzellen zerstreut und an der Länge des Radiärschafts, der Richtung und dem Verhalten des Axencylinders leicht zu erkennen. Ihre Gegenwart und auffallend leichte Färbbarkeit machen es in manchen Fällen schwer, Lage und Grenze der vierten Schicht zu bestimmen, namentlich dann, wenn, wie es oft vorkommt, die erwähnten Sternzellen das Chromsilber nicht festhalten. Die Pyramiden sind an der äusseren Seite der Spitze des Occipitallappens zahlreicher, ein Grund, warum man zum Studium der Sehrinde immer die innere Seite dieses Lappens



wählen muss, woselbst die Schicht der Sternzellen am meisten ausgeprägt ist.

Fig. 16.



Zellen mit kurzem Axencylinder der Schicht der Sternzellen der Sehrinde der 28 tägigen Katze.

a, grosse Sternzelle mit absteigendem, in dem unteren Theil der vierten Schicht (vierten und fünften beim Menschen) verzweigtem Axencylinder; *b*, kleine Spinnenzelle mit dicht verzweigtem Axencylinder; *d*, Spindelzelle mit in Faserbündeln sich verzweigendem Axencylinder.

VI.

SCHICHT DER KLEINEN PYRAMIDEN MIT AUFSTEIGENDEM AXENCYLINDER.

Unter der Schicht der kleinen Sternzellen findet man bei Anwendung der Nissl'schen Methode einen Streifen von netzförmigem Aus-

sehen, nicht sehr reich an Zellen, die um so spärlicher sind, je näher sie an der Reihe der Riesenpyramiden liegen. Obgleich sich die sechste Schicht nach unten schwer abgrenzen lässt, da sie allmähliche Uebergänge mit derjenigen der Riesenpyramiden verbinden, so rechtfertigen dennoch der geringe Umfang und die besondere Morphologie der Zellen ihre Sonderstellung.

Wie wir in Fig. 17, *B* zeigen, existiren hier drei Arten von Zellen: 1. Ei- oder Pyramidenzellen mit gebogenem Axencylinder; 2. grosse Sternzellen mit aufsteigendem Axencylinder; 3. gewöhnliche mittelgrosse oder grosse Pyramiden.

1. Kleine Ei- oder Pyramidenzellen mit gebogenem und aufsteigendem Axencylinder. — Sie bilden den Hauptbestandtheil dieser Schicht und ihnen verdankt sie das Aussehen kleiner zerstreut liegender Körner, wie man es in Nissl-Präparaten beobachtet.

Sie sind so klein wie die kleinen Pyramiden, haben auch deren Gestalt, obgleich die Ei- und Spindelform nicht selten ist; man kann sie nach ihrer Lage in oberflächliche oder Grenzzellen und tiefe unterscheiden.

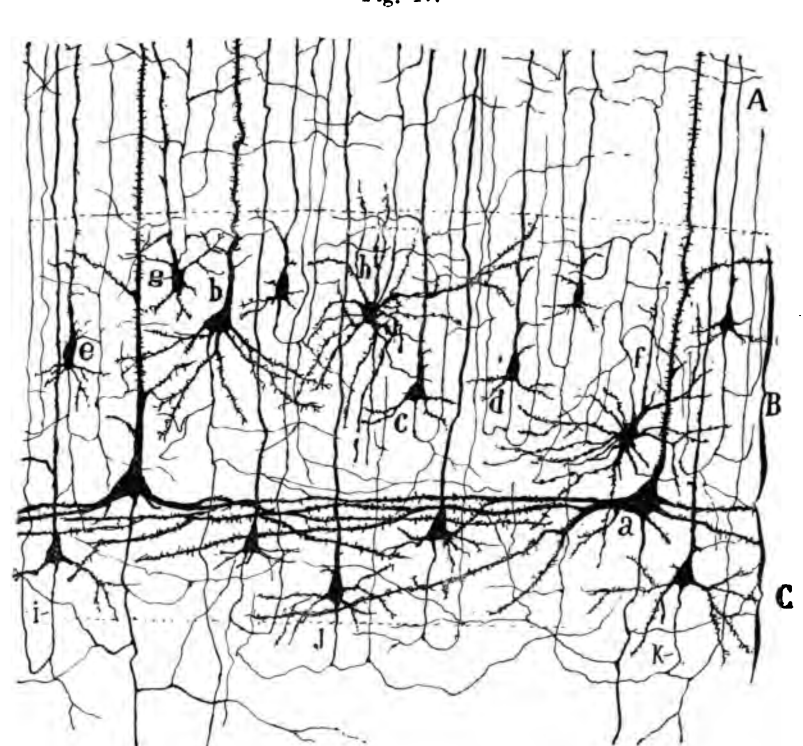
Die Grenzzellen (Fig. 17, *c*) bilden eine unterbrochene, in den unteren Rand der Schicht der kleinen Sternzellen eingefalzte Reihe, sind die voluminösesten von allen (mit Ausnahmen) und kommen dem Pyramidentypus am nächsten. Die in den übrigen Ebenen der sechsten Schicht gelegenen haben ebenfalls Ei- oder Spindelform, ohne dass sie jedoch den Pyramidentypus ganz vermissen lassen.

Alle diese oberflächlichen und tiefen Zellen zeigen dieselben Eigenthümlichkeiten: Der Umfang ist gering; aus dem äusseren Theil des Körpers entspringt ein bis in die erste Schicht sich erstreckender Radiärschaft, welcher kurze, in der sechsten Zone vertheilte Collateralen abgiebt; aus der Basis gehen einige absteigende Dendriten hervor, welche die Grenzen der sechsten Schicht nicht überschreiten.

Der äusserst dünne Axencylinder zieht erst eine gewisse Strecke lang nach abwärts, macht dann einen nach oben concaven Bogen, verläuft dann gerade durch die fünfte und vierte Schicht und verliert sich in den oberflächlichen Schichten der Rinde, wo die extreme Zartheit der

Faser ihr weiteres Verhalten uns nicht erkennen liess. Für die sechste Schicht bestimmt, entspringen aus dem Bogen eine oder zwei absteigende oder schräge Collateralen, die sich wiederholt verzweigen, und zum Theil

Fig. 17.



Zellen der sechsten und siebenten Schicht der Sehrinde eines 15 tägigen Kindes.

A, fünfte, *B*, sechste, *C*, siebente Schicht; *a*, Riesenpyramide; *b*, mittelgrosse Pyramide mit langem absteigendem Axencylinder; *c*, kleine Pyramide mit aufsteigendem bogenförmigen Axencylinder; *d*, Pyramide, deren Axencylinder zwei Bogen erzeugt; *e*, Pyramide, deren Axencylinder verschiedene aufsteigende Fasern aussendet; *f*, *g*, *h*, sternförmige Zellen mit aufsteigendem Axencylinder, der sich in der 5. und 6. Schicht verzweigt; *i*, *j*, *k*, Pyramidenzellen mit gebogenen aufsteigendem Axencylinder, der in der siebenten und achten Schicht verzweigt ist.

bis in die siebente Schicht vertheilen; gleiche Collateralen entspringen auch aus der aufsteigenden Portion des Bogens und verzweigen sich in der oberen Lage der sechsten Schicht.

Gelegentlich theilt sich der Axencylinder in seinem absteigenden

Verlauf und erzeugt zwei oder drei bogenförmige Aeste (Fig. 17, *d*), aus denen feine Collateralen nach der sechsten Schicht ziehen; diese Aeste scheinen sich wie die ungetheilten Axencylinder dieser Zellen zu verhalten, d. h. quer durch die darüberliegenden Schichten ziehend sich in der ersten Schicht zu verlieren.

2. **Sternzellen mit aufsteigendem Axencylinder.** — Weniger zahlreich als die vorhergehenden, fehlen sie niemals in der sechsten Schicht, in der sie alle Ebenen einnehmen. Man kann zwei Typen unterscheiden: 1. die kleine oder mittelgrosse Sternzelle, mit zahlreichen divergirenden Dendriten versehen, die sich in der sechsten und siebenten Schicht ausbreiten (Fig. 17, *f*, *g*, *h*); ihr Axencylinder, welcher oben aus der Zelle entspringt und aufsteigt, verzweigt sich und endigt in der Schicht der kleinen Sternzellen, wobei er einige Collateralen an die sechste Schicht abgiebt; 2. vereinzelte grosse Sternzellen, arm an Dendriten, mit einem dicken Axencylinder, der die darüberliegenden Schichten durchkreuzt und bis in die erste gelangt, woselbst er sich verzweigt. In einigen Fällen schien der Axencylinder keine Collateralen zu haben, in anderen wiederum giebt er beim Durchzug durch die fünfte und sechste Schicht Seitenäste an diese ab und versorgt sogar die der kleinen und mittelgrossen Pyramiden mit solchen.

3. **Eigentliche Pyramiden.** Obgleich nicht sehr zahlreich, finden sich in guten Präparaten dieser Zone stets Pyramidenzellen, analog denen des mittelgrossen Typus und ordnungslos über die ganze Schicht zerstreut; manchmal begegnet man hier und da auch einer Riesenpyramide.

Der absteigende Axencylinder zieht in die weisse Substanz, nicht ohne Collateralen abzugeben, die in der siebenten Schicht vertheilt sind und der dicke Radiärschaft steigt bis in die erste Schicht und löst sich dort in ein Endbüschel auf.

VII.

SCHICHT DER RIESENPYRAMIDEN (MEYNERT's SOLITÄRZELLEN).

Unter dem Plexus, welcher die kleinen Zellen mit bogenförmigem Axencylinder enthält, zeigen Nissl-Präparate einen nicht sehr breiten,

netzartigen Streifen, in dem sich einige grosse Zellen mit dreieckiger, ei- oder sternförmiger Schnittfläche befinden, deren sehr reichliches Protoplasma ganz deutliche Chromatinspindeln enthält. In der Anordnung dieser Zellen herrscht grosse Unregelmässigkeit; in der That können sie alle Ebenen der siebenten und sogar den unteren Rand der sechsten Schicht einnehmen. Meistens findet man sie aber im oberen Rand der siebenten, in der sie eine Reihe bilden, die an Nissl-Präparaten wegen des oft grossen Zwischenraums zwischen den Zellkörpern nicht so deutlich zu erkennen ist wie an denen nach Golgi, wo sie klar hervortreten.

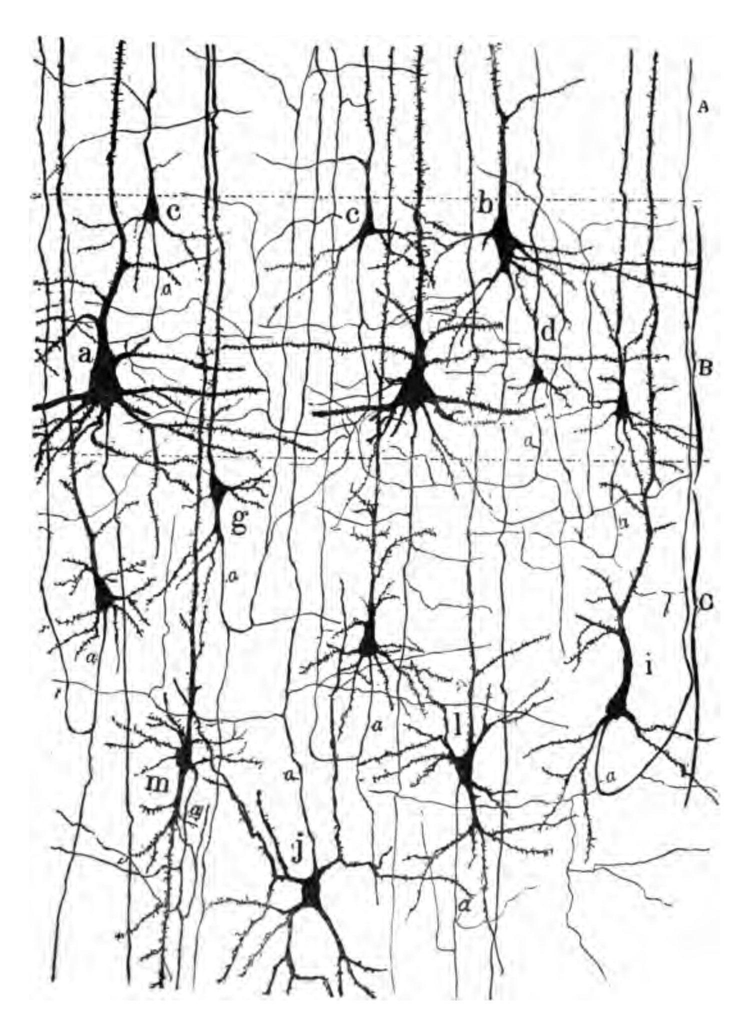
In den letztgenannten Präparaten treten überhaupt Grenzen und Eigenthümlichkeiten der siebenten Schicht viel deutlicher zu Tage. Man sieht sofort, dass die erwähnten Riesenzellen grosse, etwas modificirte Pyramiden sind, und dass der mehr weniger ausgedehnte Plexus, in welchem sie liegen, durch die quere Kreuzung der sehr langen Basilardendriten entsteht (Fig. 17).

Dieses Geflecht langer horizontaler Dendriten, mittelst dessen quer durch die Rinde hindurch eine Verbindung weit entfernter Riesenzellen stattfindet, bildet eine der charakteristischsten Erscheinungen der Sehrinde und einen sehr wichtigen Anhaltspunkt für die Bestimmung der benachbarten Schichten und Zellen. Gewöhnlich haben die seitlichen und concaven Partien der Sehwindungen nur eine Reihe von Riesenzellen und daher nur einen Geflechtstreifen; jedoch im Niveau der convexen Partien verlieren die Riesenzellen an Dicke, was sie an Länge gewinnen und ordnen sie sich in zwei, drei oder mehr unregelmässigen Reihen an, wobei sich das sie umgebende Protoplasmageflecht entsprechend erweitert. Häufig ist auch die Lage und Gestalt dieses Plexus unregelmässig und wechselt er oft die Ebene in einer und derselben Rindengegend, namentlich beim Uebergang der Windungen von der Convexität zu den planen und concaven Theilen.

An jeder Pyramidenzelle sind drei Dinge zu beachten: der Radiärfortsatz, die Basilardendriten und der Axencylinder.

Der Radiärfortsatz ist verhältnissmässig zarter als an den Riesenpyramiden anderer Regionen der Rinde; er wendet sich, zuweilen nach einer bogenförmigen Krümmung, nach aussen, versieht die sechste Schicht mit Aesten, kreuzt ungetheilt die Schichten der Stern- und Pyramiden-

Fig. 18.



Tiefe Schichten der Sehrinde der 25tägigen Katze.

A, unterer Theil der Schicht der Sternzellen; *B*, Schicht der Riesenpyramiden; *C*, Schicht der mittelgrossen Pyramiden mit gebogenem Axencylinder; a, Riesenpyramiden; *b*, mittelgrosse Pyramiden mit absteigendem Axencylinder; *c, d*, Pyramiden mit absteigendem, bifurcirtem und in der Schicht der Riesenzellen verzweigtem Axencylinder; *g*, dreieckige Zelle mit gebogenem Axencylinder und absteigender Collaterale; *i*, Pyramide mit gebogenem aufsteigenden Axencylinder; *l*, dreieckige Zelle mit absteigendem Axencylinder; *m*, Spindelzelle mit absteigendem Axencylinder; *l, j*, Zellen der Schicht der spindelförmigen Elemente, die eine sternförmig und mit aufsteigendem Axencylinder, die andere dreieckig und mit absteigendem Axencylinder; *a*, Axencylinder.



zellen und gelangt zuletzt in die erste oder plexiforme Schicht, wo er ein ausgedehntes starkes Büschel bildet. Die Aeste dieses Büschels unterscheiden sich durch ihre Dicke von den den mittelgrossen und kleinen Pyramiden angehörigen und nehmen gewöhnlich den unteren Rand der ersten Schicht ein, wobei sie während langer Strecken horizontal verlaufen (Fig. 3, *c*).

Die Basilarfortsätze sind sehr zahlreich und dick; bei einigen Pyramiden sind sie noch stärker als der Radiärschaft selbst. Diese dicken Fortsätze sind so charakteristisch, dass man sie schon bei oberflächlicher Betrachtung von den homonymen Zellen jeder anderen Rindengegend unterscheiden kann; ihr Verlauf ist fast ausschliesslich horizontal, indem sie im Niveau der Riesenzellen parallele Bündel von Dendriten bilden, deren Länge häufig mehr als $^3/_{10}$ mm beträgt, zuweilen schienen sie uns sogar länger als der Radiärschaft zu sein. Diese horizontalen Dendriten sind stachlig und zottig und verzweigen sich zu wiederholten Malen, verbleiben aber dabei in der ursprünglichen Ebene.

Der Axencylinder entspringt aus dem Körper oder aus einem etwas aufsteigenden Basilardendriten und zieht in die weisse Substanz hinab, wo er sich in eine dicke Markfaser fortsetzt. Im Verlauf durch die achte Schicht giebt er drei oder vier Collateralen ab, die durch eine lange Strecke horizontal verlaufen und sich öfter theilen. Einige dieser Zweige begeben sich in die siebente Schicht, woselbst sie sich mit dem Körper und den Dendriten homologer Pyramiden zu verbinden scheinen.

Die siebente Schicht oder die Schicht der Riesenpyramiden pflegt noch andere Pyramidenzellen dieser Art, wenn auch von geringerem Umfange, zu enthalten, ausserdem noch drei Zelltypen, nämlich: 1. Kleine Pyramidenzellen mit bogenförmigem Axencylinder; 2. Spindel- oder Sternzellen mit aufsteigendem Axencylinder und 3. Sternzellen mit kurzem, in der Schicht der Riesenpyramiden verzweigtem Axencylinder.

Kleine Pyramiden mit bogenförmigem Axencylinder. — Man trifft sie in der ganzen Zone der Riesenpyramiden und sie haben dieselbe Gestalt und dieselben Eigenthümlichkeiten wie die gleichnamigen Zellen der sechsten Schicht, d. h. der Radiärschaft reicht bis in die erste Schicht und der absteigende, bogenförmige Axencylinder läuft bis zur fünften oder vielleicht noch weiter zurück. Wie man in Fig. 17

J, *K* sieht, können sie statt eines zwei Bögen mit zwei aufsteigenden Fasern bilden, aus deren unterem Theil Collateralen entsprossen, welche sich in der siebenten oder achten Schicht verzweigen. Einige Axencylinder lösen sich jedoch in eine grössere Anzahl theils aufsteigender, theils absteigender Aeste auf; doch vermochten wir keine bis in die weisse Substanz zu verfolgen. Jedenfalls scheint die Mehrzahl der Nervenverzweigungen dieser kleinen Pyramiden bestimmt, mit den grossen Pyramiden der siebenten Zone in Contakt zu treten.

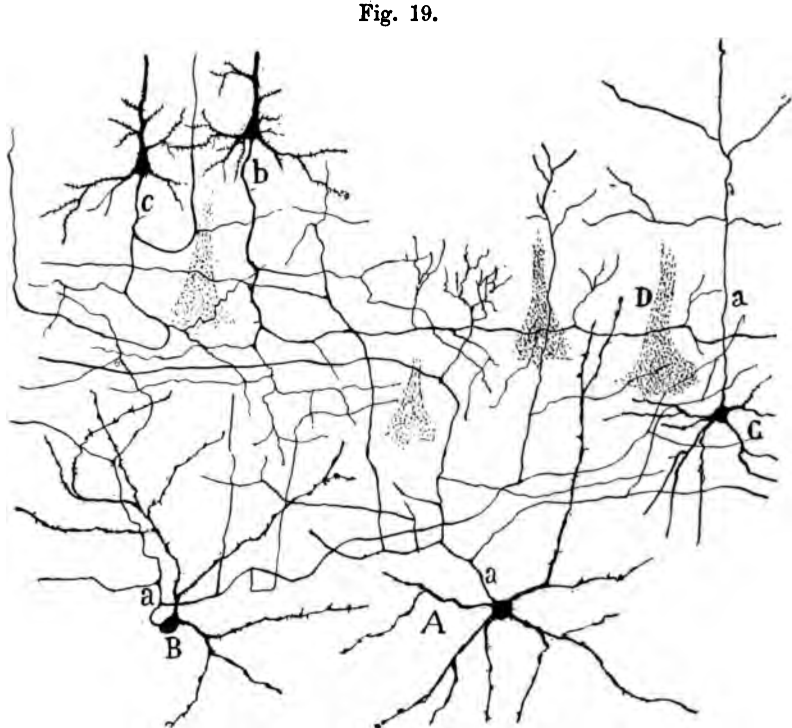
Sternzellen mit aufsteigendem Axencylinder. — Wenig zahlreich und von mittlerer Grösse, haben sie divergirende, in der siebenten Schicht vertheilte Dendriten und einen aufsteigenden Axencylinder, der die sechste Schicht kreuzt, an welche er Collateralen abgiebt, und sich fast bis in die erste oder plexiforme Zone erstreckt. Bei der Länge seines Verlaufs vermochten wir ihn nicht bis zu seinem Ende zu verfolgen.

Sternzellen mit kurzem, diffus verzweigten Axencylinder. — In der siebenten Schicht und öfter noch in der äusseren Partie der achten, liegen einige mittelgrosse Sternzellen, mit 4, 5 oder mehr langen, divergirenden Dendriten versehen, letztere zottig, varikös und häufig verästelt (Fig. 19, *A*, *B*). Der Axencylinder ist theils ein absteigender oder ein aufsteigender, jedoch verläuft er öfter schräg oder horizontal durch die siebente Schicht, wo er sich spaltet, und seine beiden Aeste lösen sich in eine Endverzweigung sehr langer, meist horizontaler Fäden auf, welche nach vielen Krümmungen sich endlich zwischen den Riesenzellen verzweigen, für welche sie speziell bestimmt sein dürften. In keinem einzigen Falle konnten wir einen nach der sechsten oder siebenten Schicht aufsteigenden Ast feststellen.

Die erwähnten Zellen, welche wir in Fig. 19 reproduciren, ähneln sowohl morphologisch wie hinsichtlich des Verhaltens des Axencylinders gewissen Zellen, welche wir in der motorischen Rinde des Neugeborenen gefunden haben. Doch bietet bei diesen (Fig. 20, *a*) der Axencylinder eine interessante Eigenthümlichkeit: seine Endverzweigung, aus sehr langen, horizontalen oder schrägen Aesten bestehend, erzeugt hier und dort Nester von feinen gewundenen Fäden; dieselben liegen in der Umgebung der Pyramiden oder Sternzellen und begrenzen vollkommen den Zellleib. Gelegentlich erstrecken sich diese pericellulären Geflechte

längs der Dendriten und kennzeichnen präcis die Richtung und den Umfang des Anfangstheils derselben. Man sieht also, dass die Hirnrinde ebenfalls ähnliche pericelluläre Nester enthält wie die von mir [20]) an den Purkinjeschen Zellen des Kleinhirns, im rothen und im Deiters'schen

Fig. 19.



A, B, Sternzellen mit aufsteigendem, in der Schicht der grossen Pyramiden verzweigtem Axencylinder; C, Zelle mit aufsteigendem, weit verzweigtem Axencylinder; D, Pyramide der siebenten Zone; a, Axencylinder; c und b, Axencylinder kleiner Pyramidenzellen der sechsten Schicht (20 tägiges Kind; Sehrinde).

Kern entdeckten und wie sie Held [21]) im Kern des Trapezkörpers und Lavilla [22]) in der oberen accessorischen Olive beschrieben hat. Ferner wies ich [23]) nach, dass gleiche Zellen unter der Schicht der grossen Pyramiden in der unteren Partie des Ammonshorns existiren (Sternzellen mit in der Umgebung der Körper der grossen Pyramiden verzweigten Axencylinder).

Es finden sich also, um dies zu wiederholen, in der Umgrenzung

der Riesen- und mittelgrossen Pyramiden der siebenten Schicht der Sehrinde des erwachsenen Menschen und der (34tägigen) Katze ebendieselben Zellnester, wenn auch nicht so schön und dicht wie die der motorischen Region. Hält man diese Thatsache zusammen mit der anderen, dass in der Sehsphäre des Neugeborenen Sternzellen existiren, welche den diese Nester in der motorischen Rinde erzeugenden gleich sind, so muss man als wahrscheinlich annehmen, dass die Nester in der Sehrinde des Erwachsenen von den erwähnten Sternzellen der siebenten Schicht stammen. Wir müssen jedoch gestehen, dass wir diesen Zusammenhang direkt nicht nachweisen konnten, vielleicht deshalb, weil in der Epoche, in welcher sich die Sternzellen leicht imprägniren (Gehirn des 15 bis 20tägigen Neugeborenen), die Nester noch nicht genügend differenzirt sind. Jedenfalls erfordert dieser Punkt eine weitere und genauere Untersuchung.

Die Schicht der Riesenpyramiden bei anderen Säugethieren. — In Fig. 18, *B,* zeichneten wir diese und die benachbarte Zone aus der Sehrinde der Katze. Man bemerkt, dass die Riesenpyramiden, wie beim Menschen, eine ziemlich regelmässige Anordnung haben; nicht selten findet man Reihen von mit langen und horizontalen Basilardendriten versehenen Zellen, doch erreichen dieselben bei Katze und Hund nicht die Dicke und Länge wie in der menschlichen Rinde.

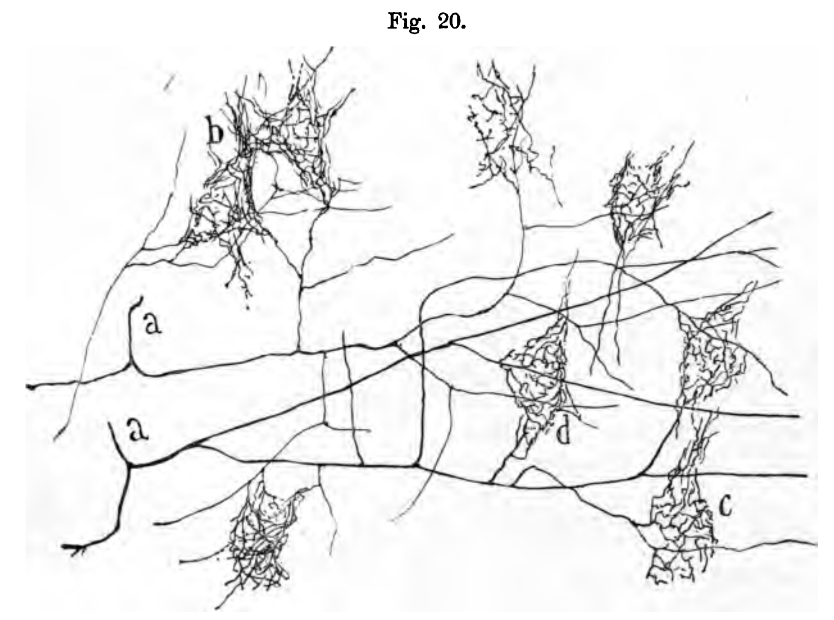
Innerhalb dieser Schicht giebt es ausserdem zahlreiche kleine Zellen mit gebogenem Axencylinder. Die Fig. 18 zeigt die Haupttypen dieser Zellen, welche im Wesentlichen mit den früher beim Menschen beschriebenen zusammenfallen. Der Axencylinder löst sich in 2, 3, 4 oder noch mehr gebogenen Endfasern auf, von denen die meisten in der Schicht der Riesenzellen selbst sich zu verzweigen scheinen. Es fehlen auch nicht aufsteigende bogenförmige Axencylinder oder Collateralen, welche in der unteren Ebene der Sternzellen vertheilt sind, noch absteigende aus den Bögen entspringende Collateralen, welche sich in die darunterliegende Schicht, d. i. die der mittelgrossen Pyramiden mit bogenförmigem Axencylinder (achte Schicht beim Menschen) begeben.

Der sternförmige Typus mit kurzem, Endnester erzeugendem Axencylinder existirt bei der Katze, ebenso wie die pericellulären Körbe; doch ist der Verlauf der Aestchen der Endverzweigung so complicirt,

dass wir den Uebergang von ihnen zu den Nestern nicht zu verfolgen vermochten.

Bei der Katze und dem Hunde findet man ebenfalls in der Schicht der Riesenpyramiden einige Spindel- oder Sternzellen mit aufsteigendem Axencylinder, welcher in die Zone der Sternzellen oder vielleicht noch weiter zieht.

Fig. 20.



Pericelluläre Verzweigungen der Schicht der mittelgrossen und tiefen Riesenpyramiden der motorischen Rinde des 25tägigen Kindes.

a, Axencylinder, in lange horizontale Aeste getheilt; *b*, *c*, *d*, pericelluläre Körbe.

Aus diesem Allem ergiebt sich: die Coincidenz der Struktur der Rinde beim Menschen und bei den gyrencephalen Säugethieren ist eine fast vollständige bezüglich der Morphologie der Zellen, nur variirt die Zahl und die Art der Vertheilung derselben. So sind die kleinen Zellen mit gebogenem Axencylinder, welche beim Menschen eine besondere Schicht unter derjenigen der kleinen Sternzellen bilden, bei der Katze sowohl über die Zone der Sternzellen wie die der Riesenzellen zerstreut. Es fehlt daher eine wahre sechste Schicht, wie man auch keine fünfte (die der kleinen Sternzellen) anerkennen kann.

VIII.

SCHICHT DER MITTELGROSSEN PYRAMIDENZELLEN MIT BOGENFÖRMIGEM AXENCYLINDER.

In Nissl-Präparaten betrachtet, erscheint diese Schicht gegen die siebente und neunte genau àbgegrenzt, von welchen sie sich durch ihren extremen Reichthum an Zellen und den fast gänzlichen Mangel an interstitiellen Plexus unterscheidet. Die ersteren sind von mittlerer Grösse und pyramidenförmig, obgleich Spindel- und Dreiecksformen nicht fehlen, und oft in vertikalen, durch parallele Bündel von Nervenfasern geschiedenen Plejaden angeordnet. Die Nissl-Methode fördert auch gewisse grosse Sternzellen, unregelmässig über die ganze achte Schicht zerstreut, zu Tage.

Wie aus Fig. 18 *C* zu ersehen, wiegen die Pyramidenzellen, die hier grösser sind als die der sechsten Schicht, und dreieckigen vor; die Spindelzellen trifft am man seltensten. Diese verschiedenen Typen haben einen langen, bis in die erste oder plexiforme Schicht verlängerten Radiäschaft und seitliche und absteigende, aus dem Körper entspringende Dendriten. Anordnung und Richtung dieser Dendriten variiren bei den verschiedenen Typen: bei den Pyramiden, dem am häufigsten vertretenen Typus, sendet der Körper an der Basis verschiedene divergirende Dendriten aus, welche aus zwei, drei oder mehr Anfangsschäften entspringen; bei den dreieckigen Zellen existiren 2, die Protoplasmaäste erzeugende Schäfte, ein lateraler und ein absteigender (Fig. 18, *l*, *g*); bei den Spindelzellen ist das Anfangsstück kräftig und absteigend, zieht in die neunte Schicht und sendet im spitzen Winkel mehrere schräge Dendriten aus.

Das eigentliche Charakteristische aber der Mehrzahl der Zellen der achten Schicht liegt im Axencylinder, welcher, gewöhnlich aus dem unteren Theil des Körpers hervorgehend und eine Strecke lang absteigend alsbald einen Bogen mit äusserer Concavität beschreibt und sich in die Schicht der grossen Sternzellen begiebt, woselbst er sich theilt und eine Endverzweigung sehr langer horizontaler Aeste bildet (Fig. 18, *i*, *g*). In seinem Verlauf giebt er an die achte wie an die siebente Schicht Collateralen ab.



Mit Rücksicht auf das Verhalten der Aeste des bogenförmigen Axencylinders hat man zwei Zelltypen zu unterscheiden: 1. Zellen, deren gebogener Axencylinder gar keine oder nur kurze, zwischen den Zellen der achten Schicht sich verzweigende Collateralen (Fig. 18, *i*) auszusenden scheint; 2. solche, aus deren Bogen eine lange absteigende Collaterale hervorgeht, die bis in die weisse Substanz reicht und sich dort wahrscheinlich in eine Nervenfaser fortsetzt (Fig. 18, *g*).

Die Zellen, deren Axencylinder sich direkt in die weisse Substanz begiebt, müssen in der menschlichen Rinde, falls sie überhaupt existiren, sehr spärlich sein; in der Sehrinde der Katze jedoch, wo der erwähnte Typus mit bogenförmigem Axencylinder weniger zahlreich vertreten ist, vermochten wir hier und da eine Spindel- oder dreieckige Zelle anzutreffen, deren Nervenfortsatz bis in die weisse Substanz verfolgt werden kann (Fig. 18, *m*, *l*). Die Collateralen dieser Zellen sind aufsteigend und dünn und scheinen sich in der achten und neunten Schicht zu vertheilen.

Wir wollen hinzufügen, dass die achte Schicht, wenn auch in geringer Zahl, noch die folgenden Zellen enthält: 1. Riesensternzellen mit divergirenden zottigen Dendriten und kräftigem aufsteigendem Axencylinder, welcher die erste Schicht erreicht, nachdem er unterwegs an die achte und fünfte Schicht (Fig. 18, *J*) Collateralen abgegeben; 2. Sternzellen mit kurzem Axencylinder, theils kleine, dem Spinnentypus angehörig, theils grosse mit in der Nachbarschaft der Ursprungszelle diffus vertheiltem Axencylinder. Letztere, die man auch in anderen Gegenden der Sehrinde antrifft, sind nichts anderes als die bekannten sensiblen Zellen Golgi's, die dieser Gelehrte ebenso wie Mondino, Martinotti und ich selbst in verschiedenen Gebieten der typischen Rinde gesehen haben.

IX.

SCHICHT DER SPINDEL- UND TRIANGELZELLEN.

Diese Zone entspricht der achten Schicht Meynert's und derjenigen der tiefen polymorphen Zellen Schlapp's und ist charakterisirt durch das Ueberwiegen der Markfaserbündel und die Armuth an Nervenzellen, welche sich zu interfasciculären, längsgestellten Serien anordnen. Die

Mehrzahl der Zellen dieser Schicht hat Spindel- oder längliche Eiform. Aus der äusseren Partie des Körpers entspringt ein starker, oft um seinen Ursprung gekrümmter Schaft, der sich nach aussen wendet und die achte und siebente Schicht kreuzt; er macht so viele Windungen und wechselt die Ebene so oft, dass es meistens unmöglich ist, ihn weiter als bis in die sechste Schicht zu verfolgen. Bei der Katze jedoch, bei der die Entfernungen geringer sind, konnten wir bei einigen mehr aussen gelegenen Zellen der neunten Schicht constatiren, dass jener Schaft ziemlich erheblich verdünnt bis in die erste Zone reichte und es dürfte dasselbe wohl bei allen Zellen dieser Schicht statthaben. Aus der unteren Partie des Körpers gehen, bald ein absteigender zwischen den Markfaserbündeln verzweigter Schaft, bald zwei oder drei zarte und divergirende Dendriten hervor.

Die Triangelzellen besitzen einen grossen und sehr langen radiären Dendriten, welcher in die darüberliegenden Schichten zieht, und einen anderen absteigenden, fast ebenso langen, der zwischen den Bündeln der weissen Substanz verzweigt ist, sowie verschiedene vom Körper entspringende seitliche, unter welchen ein transversaler kurzer Schaft besonders hervortritt, welcher sich alsbald in schräge, aufsteigende oder absteigende Dendriten auflöst.

Die in der Nähe der weissen Substanz, in dem Niveau der Concavität der Windungen gelegenen Zellen zeigen in Form und Richtung grosse Verschiedenheit. Gewöhnlich trifft man ei- oder spindelförmige Zellen, die sich zu langen polaren, der Ebene der weissen Substanz parallelen Dendriten ausrecken; einige von diesen gelangen nach grossen Umwegen in die darüber liegenden Schichten und enden wahrscheinlich in der plexiformen.

Schliesslich besitzt die weisse Substanz auch eine grosse Zahl von länglichen, spindelförmigen Zellen, welche, arm an Basilardendriten, mit einem sehr langen Radiärschaft versehen sind, dessen Verbleib wir nicht näher bestimmen konnten.

Was das Verhalten des Axencylinders anlangt, so stimmen darin alle die erwähnten Zellen überein. Er entspringt aus dem unteren Theil des Körpers oder einem dicken Basaldendriten (bei den Spindel- und Triangelzellen) und zieht direkt in die weisse Substanz, wo er sich

in eine Markfaser fortsetzt. Auf seinem Anfangsverlauf giebt er zwei, drei oder noch mehr Collateralen ab, welche sich gewöhnlich nach rückwärts wenden und sich in der neunten Schicht oder in dem unteren Theil der achten verzweigen. Bei den zur weissen Substanz (den concaven Partien der Windungen) parallelen Spindelzellen verläuft er oft in der Richtung der polaren Dendriten und folgt der Ebene der genannten Substanz, an deren Grenze er mehrere Bögen beschreibt, bis er sich radiär wendet und in eine Markfaser fortsetzt.

Endlich, wenn auch selten, enthält die neunte Schicht auch Zellen mit aufsteigendem, gewöhnlich bogenförmigem Axencylinder, hier und da eine Zelle mit einem kurzen.

WEISSE SUBSTANZ.

Bei genauer Untersuchung der Fasern der weissen Substanz findet man, dass die Mehrzahl, zum Unterschiede von anderen Rindengegenden, mittleres oder geringes Kaliber besitzt; doch giebt es zwei Klassen dicker Fasern, nämlich 1. die, welche die Fortsetzung des Axencylinders der Riesenpyramiden bilden, 2. gewisse etwas zahlreichere Endfasern, welche in der vierten und fünften Schicht verzweigt sind (Opticusfasern).

Aus der weissen Substanz gehen Collateralen hervor, welche sich in der grauen vertheilen und dort auf eine noch unbekannte Art enden.

Uebrigens fördert die Ehrlich'sche Methode auch in der weissen Substanz der Katze und des Hundes (Sehrinde) nicht nur Collateralen, sondern auch Bifurkationen dicker Markfasern hervor, deren Aeste divergirend in die graue Substanz eintreten. Da wo diese Aeste aus der Markfaser hervorgehen, bietet letztere constant eine Einschnürung, wie ich dies bereits früher angegeben habe. [24])

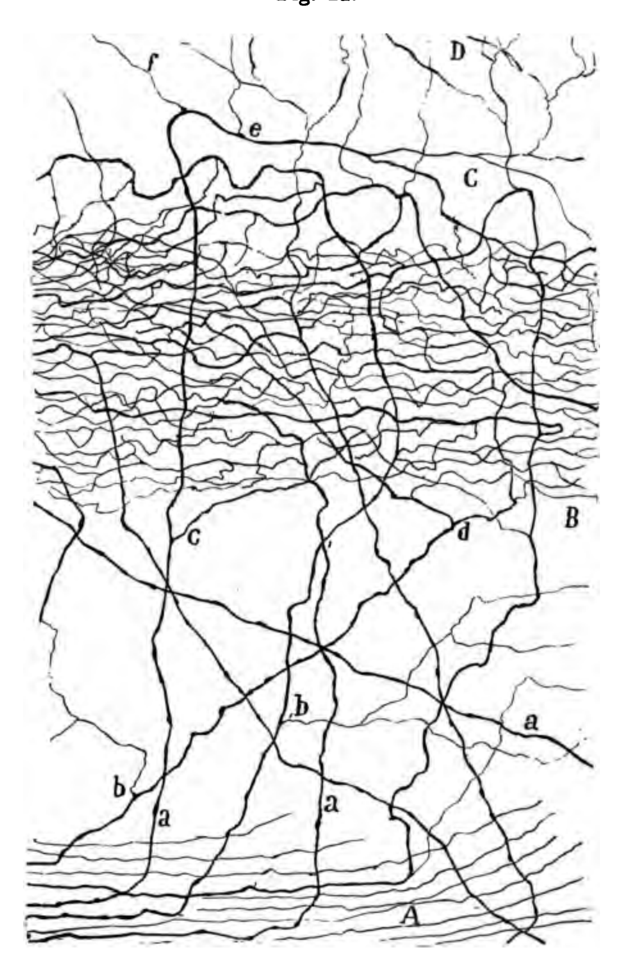
NERVENPLEXUS DER GRAUEN SUBSTANZ.

In Schnitten aus der menschlichen Sehrinde, welche nach Weigert-Pal gefärbt sind, entdeckt man, durch alle Schichten der grauen Substanz hindurch, von Marktuben verschiedener Dicke gebildete Nervenplexus.

Die sie zusammensetzenden Fasern haben verschiedene Richtungen,

aus der man oft auf den Ursprung schliessen kann. So repräsentiren die in verticalen Bündeln von der weissen Substanz bis in die Schicht

Fig. 21.



Dicke Fasern, aus der weissen Substanz kommend und sich im Gennari'schen Streifen verzweigend. Gehirn eines dreitägigen Kindes.

A, weisse Substanz; *B*, Schicht der kleinen Sternzellen; *C*, bogenförmige Fasern und vierte Schicht; *D*, Grenze der Schicht der mittelgrossen Pyramiden; *a*, Anfangsstück der Faser; *b*, Collaterale nach den tiefen Schichten; *c*, nach den oberen Schichten aufsteigende Collaterale.

der mittelgrossen Pyramiden sich erstreckenden Tuben Axencylinder kleiner, mittelgrosser und Riesenpyramiden, sowie solche von Sternzellen

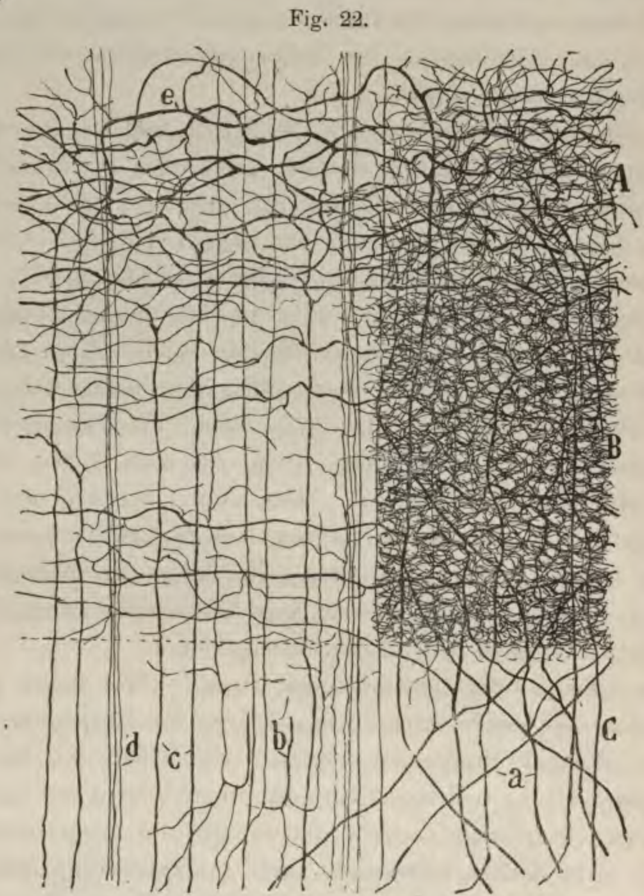
der vierten und fünften Schicht. Dagegen sind die meisten der horizontalen und schrägen, durch die verschiedenen Rindenschichten verstreuten Fasern nichts Anderes (abgesehen von den durch die vierte und fünfte Schicht ziehenden) als Collateralen von Pyramidenaxencylindern und Endäste oder Collateralen von Zellen mit kurzem aufsteigendem oder absteigendem Axencylinder.

Die markhaltigen Nervenplexus der Hirnrinde sind von den Autoren, besonders von Kölliker, Kaes und Botazzi, welche sich der Weigert'schen Methode bedienten, vortrefflich beschrieben worden. Indess fördert die letztere nur einen sehr kleinen Theil der Fasern der grauen Substanz zu Tage; denn die Mehrzahl derselben besitzt keine Markscheide. Schon in meiner Arbeit vom Jahre 1892 habe ich die Aufmerksamkeit auf den ungewöhnlichen Reichthum dieser Plexus und die Mannigfaltigkeit der sie bildenden Fasern gelenkt; wir wollen das damals Gesagte hier nicht wiederholen, zumal uns die Frage nach der Zusammensetzung dieser Plexus der grauen Substanz in der nächsten Arbeit über die motorische Rinde beschäftigen soll. Hier wollen wir nur den für die Sehrinde charakteristischen Plexus studiren, d. h. den im Niveau der vierten und fünften Schicht befindlichen, dessen Reichthum an Markfasern so bedeutend ist, dass er einen mit blossem Auge erkennbaren weissen Streifen (den Gennari'schen oder Vicq d'Azyr'schen) bildet.

Plexus opticus oder Gennari'scher Streif. — Wir haben gesehen, dass die vierte und fünfte Schicht einen Plexus von Markfasern enthält, den man an Weigert-Präparaten erkennt; indess lässt sich die eigentliche Zusammensetzung und Reichhaltigkeit dieses Plexus nur an Chromsilberpräparaten beurtheilen, welche dem Gehirn des neugeborenen oder wenige Tage alten Kindes entnommen sind. An guten Präparaten dieser Art beobachtet man im Niveau der fünften und vierten Schicht einen sehr dichten Filz von Fasern, welcher durch seine Dichtheit von allen übrigen Plexus der grauen Substanz absticht und in welchem die den Sternzellen entsprechenden Löcher deutlich zu erkennen sind. Da die Zellen dieser beiden Schichten verschieden gross sind, so hat auch der sie umgebende interstitielle Nervenplexus ein verschiedenes Aussehen; im Niveau der grossen Sternzellen ist das Dessin sehr locker und gewöhnlich aus dickeren Fäden gebildet, welche relativ beträchtliche

Zwischenräume lassen, während in der fünften Schicht das Geflecht sehr dicht ist, sehr feine Fibrillen enthält und viel kleinere Löcher frei lässt.

Fig. 22.



Nervenplexus der vierten und fünften Schicht der Sehrinde des 20 tägigen Kindes.

A, vierte Schicht; *B*, fünfte Schicht; *C*, sechste Schicht; *a*, Opticusfasern; *b*, Axencylinder von Zellen der sechsten Schicht; *c*, aufsteigende Axencylinder von Pyramidenzellen der achten Schicht; *d*, Bündel von Axencylindern mittelgrosser und kleiner Pyramiden; *e*, Bogen von Opticusfasern mit aufsteigenden Collateralen.

Welches sind die Bestandtheile dieses Plexus? Die genaue Analyse von hunderten von Schnitten, in denen er sehr deutlich imprägnirt war, führte mich zur Aufstellung folgender fünf Arten von Nervenfasern:

1. Opticusfasern; 2. aufsteigende Fasern von Neuronen der darunter liegenden Schichten; 3. Nervencollateralen der Sternzellen; 4. Bündel von Axencylindern darüber befindlicher Pyramiden; 5. Endverzweigungen von autochthonen Zellen mit kurzem Axencylinder.

Opticusfasern. — Mit diesem Namen bezeichnen wir gewisse kräftige, aus der weissen Substanz kommende und in der Schicht der grossen und kleinen Sternzellen verzweigte Marktuben. Diesen Fasern, welche durch ihre Zahl und Stärke über die in der vierten und fünften Schicht verzweigten überwiegen, verdankt die intermediäre Region der Rinde das erwähnte Aussehen eines weissen Streifen.

Es dürfte schwer halten, in der Sehrinde eines 15 bis 30tägigen Kindes die von diesen starken oder optischen Markfasern gebildete Verzweigung von der durch die übrigen Nervenfasern erzeugten zu unterscheiden, da sich zu dieser Epoche häufig und gleichzeitig alle den Gennari'schen Streifen bildenden Faktoren imprägniren; indess gestattet das frühzeitige Auftreten der Opticusfasern uns, sie leicht zu erkennen. Dieselben erscheinen schon beim achtmonatlichen menschlichen Fötus und besonders unmittelbar nach der Geburt ausgebildet, zu einer Zeit, in welcher die übrigen Bestandtheile des Plexus noch nicht ganz differenzirt sind oder zum Chromsilber keine Affinität besitzen. Deshalb gewinnt man nicht selten Präparate, wie das in Fig. 21, wo nur die aus der Markstrahlung des Opticus stammenden Fasern gefärbt sind.

Man erkennt diese Fasern an mehreren Merkmalen: an ihrer Stärke, die bedeutender ist als die des Axencylinders der grossen und mittleren Pyramiden; an ihrem mehr oder weniger schrägen Verlauf, der manchmal durch Windungen und Richtungswechsel innerhalb der neunten, achten, siebenten und sechsten Schicht complicirt ist; an den spitzwinkligen Dichotomien nebst der Bildung von aufsteigenden, für die vierte und fünfte Zone bestimmten Aesten. In der Schicht der kleinen Sternzellen angelangt, bieten die Opticusfasern ein zweifaches Verhalten: die einen biegen plötzlich in irgend einer Ebene dieser Zone um, durchlaufen horizontal sehr lange Strecken und spalten sich dann zu wiederholten Malen; die anderen gelangen bis an den oberen Rand der vierten Schicht, machen eine Krümmung und zuweilen einen nach unten concaven Bogen und ziehen in horizontalen Windungen längs des äusseren Randes der

genannten Schicht oder durch diese selbst; nach diesen vielen Umwegen verlieren sie sich in dem Plexus, welcher die grossen Sternzellen umgiebt.

Diese Bögen steigen manchmal bis in die Schicht der mittelgrossen Pyramiden hinauf, zwischen denen sie weite Undulationen machen, um dann wieder in die vierte Zone hinabzutreten. Zuweilen spaltet sich die Markfaser am Rande der vierten oder fünften Schicht und bildet gleiche oder verschieden grosse Aeste, bald von derselben Richtung, bald von entgegengesetzter.

Die von den Opticusfasern abgegebenen Aeste sind sehr zahlreich. Beim Durchkreuzen der tiefen Schichten (siebente, achte, neunte) entspringen häufig im spitzen Winkel eine oder zwei Collateralen (Fig. 21, *b*), welche sich wahrscheinlich in eben diesen Zonen verzweigen; in manchen Fällen indess ziehen diese Collateralen wie das Ursprungsstück nach oben und dringen, in einiger Entfernung von diesen, in die Schicht der kleinen Sternzellen. Zuweilen endlich beobachtet man, dass die Opticusfaser, bis dahin ungetheilt, sich unterhalb der fünften Schicht halbirt oder in zwei ungleiche, im Geflecht derselben verzweigte Aeste spaltet.

Aus der oberen bogenförmigen Partie der am äusseren Rande der vierten Schicht angelangten Fasern entspringen oft eine oder zwei aufsteigende und schräge Collateralen, welche die Zone der mittleren Pyramiden erreichen und sich in ihr verzweigen, zum Theil vielleicht bis in die zweite und dritte Schicht vordringen (Fig. 21, *c*).

Die Mehrzahl jedoch der aus den Opticusfasern stammenden Collateralen entspringt aus dem horizontalen Stück derselben, innerhalb der vierten und fünften Zone; diese, sich in verschiedenen Winkeln abzweigend und nach allen Richtungen, vorwiegend aber parallel der Rinde verlaufend, erleiden eine wiederholte Verästelung und bilden in den genannten Schichten einen sehr dichten Nervenplexus, in dessen Löchern die Sternzellen liegen. *Bei weitem die meisten der aus den Opticusfasern hervorgehenden Aeste vertheilen sich also in den Schichten der Sternzellen und man muss folglich diese Schichten als den Hauptort der grauen Substanz bezeichnen, in welchem sich das optische Bild projicirt und an dem die optische Empfindung vor sich geht.* Jede Opticusfaser verbindet sich, nicht mit einer, sondern mit

sehr vielen kleinen und grossen, in genügend von einander getrennten corticalen Radien gelegenen Sternzellen, wodurch wiederum das Gesetz der Stromschwellung bestätigt wird, das bei den Neuronen der Empfindungsbahnen ganz specielle Geltung zu haben scheint. [25])

Die genaue Untersuchung der Rinde eines neugeborenen Kindes lässt auch das Vorhandensein einiger aus dem Plexus opticus entsprungenen Nervencollateralen erkennen, welche nach oben steigen und sich in der Schicht der mittleren und kleinen Pyramiden verzweigen. In zwei oder drei Fällen waren diese Seitenäste, aus horizontalen Fasern des Gennari'schen Streifs hervorgehend, sehr kräftig und setzten sich bis in die erste Zone fort, wo sie nach kurzem horizontalen Verlauf endeten. In jedem Falle indess stellen diese aufsteigenden Fasern, welche für andere Schichten bestimmt sind, ein im Verhältniss zu der ausserordentlichen Menge der in der Zone der Sternzellen vertheilten und endenden Opticusfasern unbedeutendes Contingent dar.

Gehen nun die erwähnten Fasern wirklich aus den primären optischen Centren hervor? Könnten sie nicht auch intracerebrale Associationsfasern sein? Man muss zugeben, dass es heute noch unmöglich ist, den vollständigen Nachweis für die Herkunft jener Fasern aus dem Sehnerven zu erbringen, jedoch sprechen folgende gewichtige Thatsachen dafür, dass die dicken, im Gennari'schen Plexus verzweigten Fasern diesen letzteren Ursprung haben.

1. Die Sternzellen der vierten und fünften Schicht erscheinen sehr atrophirt, im Vergleich zu den normalen sowohl bei Menschen wie bei den Thieren, welche lange Zeit blind gewesen waren. Cramer [26]) hat dies auch in der Fissura calcarina eines einäugigen Menschen beobachtet. Diese Atrophie dürfte sich durch das Aufhören oder die erhebliche Verminderung (bei einseitiger Blindheit) der durch die secundären optischen Bahnen zugeführten Lichterregung erklären lassen, wobei wir unter den secundären Bahnen die aus den primären optischen Centren, dem Ort der Endigung und Verzweigung der Netzhautfasern, entspringenden Fasern verstehen.

2. Die von der weissen Substanz nach dem Gennari'schen Streifen ziehenden Fasern sind viel dicker als die Associationsfasern und selbst die Axencylinder der Riesenpyramiden, wenigstens beim neugeborenen

und mehrtägigen Kinde. Dieser Umstand spricht für den extracorticalen Ursprung derselben.

3. Die Axencylinder der im Corpus geniculatum externum und Pulvinar, den Ursprungssitzen der centralen optischen Bahn, befindlichen Zellen sind gewöhnlich sehr stark; desgleichen, wenn auch nicht so sehr, die der Zellen des vorderen Vierhügels.

4. Die Existenz der dicken zuführenden Fasern (nach Kölliker die Cajal'schen Fasern), welche ich[27]) zuerst in der sensiblen-motorischen Rinde entdeckt habe, scheint eine Eigenthümlichkeit der sensorischen Sphären des Gehirns zu bilden. Wenigstens vermochten wir sie in dem von Flechsig als Associationscentren bezeichneten Windungen nicht zu finden.

5. Die dicken, aus Riesenzellen der psychomotorischen Region stammenden Fasern gelangen niemals in andere Gehirnlappen, sondern steigen quer durch das Corpus striatum hinab, um die Pyramidenbahn zu bilden. Am Gehirn des Mäusefötus lässt sich dies leicht nachweisen.

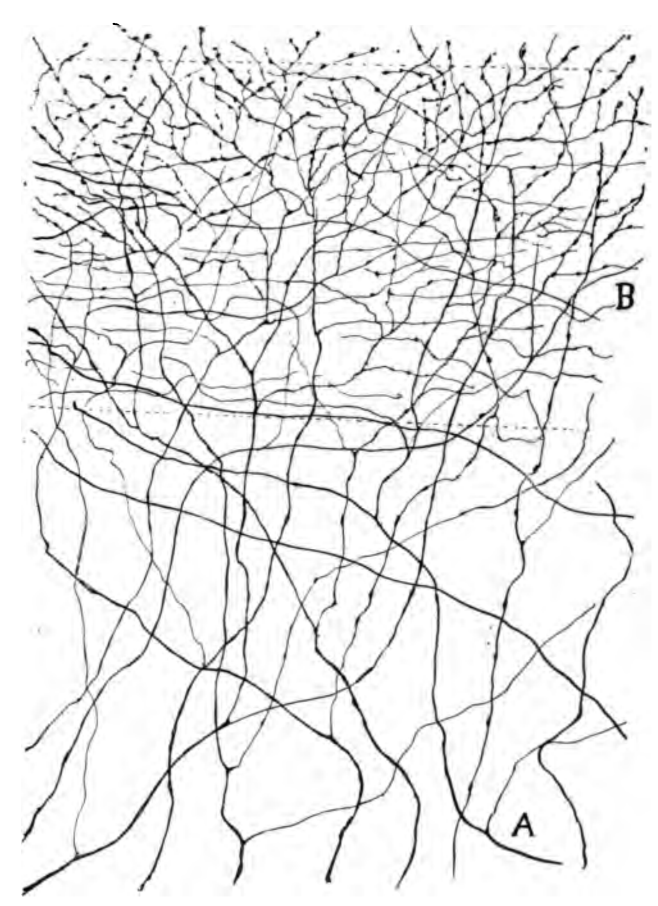
6. Die Physiologie und Anatomie lehren übereinstimmend, dass die Sehregion einen beträchtlichen Theil von Opticusfasern aufnehmen muss; es ist daher natürlich, als solche diese unzählbaren dicken, über die Schicht der Sternzellen vertheilten Fasern zu betrachten, zumal die dichten Geflechte, welche durch sie erzeugt werden, den besonderen, fast specifischen Bestandtheil der Sehsphäre darstellen.

7. In Anbetracht des dynamischen Schemas über die Centren der Association und Projection und vorausgesetzt, dass die Centren der Projection oder der Empfindung nicht das Substrat der Gedanken, sondern nur der Empfindungen darstellen, muss man annehmen, dass die Mehrzahl der Associationsfasern der Sehrinde von Leitern im wegführenden statt im zuführenden Sinne gebildet wird. Wir leugnen nicht das Vorhandensein von Fasern, die der optischen Leitung fern stehen und die aus anderen corticalen Bezirken (centrifugale oder hemmende Associationsfasern Flechsig's) kommen, aber wir behaupten, dass sie in der Sehsphäre weniger zahlreich sind als in anderen Hirngebieten, und dass daher der grössere Theil der in jene eintretenden Marktuben vom Opticus stammen müssen.

Die Opticusfasern und der Gennari'sche Streif sind sehr deutlich

in der Sehsphäre der einige Tage alten Katze. Wie aus Fig. 23, *B*, ersichtlich, spalten sich viele von ihnen und senden im spitzen Winkel

Fig. 23.



Opticusfasern der Sehrinde der fünftägigen Katze.

***A*, Fasern, aus der weissen Substanz kommend, mit Bifurkationen; *B*, Nervenplexus des Opticus in der Schicht der Sternzellen (vierte und fünfte beim Menschen).**

Collateralen aus, theils nicht fern von der weissen Substanz, theils in den tiefen Schichten; sie gelangen in diejenige der Sternzellen, wo sie mit einer lockereren Verzweigung als die beim Menschen beschriebene

enden. Viele Markfasern steigen schräg hinauf in den oberen Theil der genannten Schicht und lösen sich in Büschel von varikösen Aesten auf, von denen einige sich bis in die Schicht der mittelgrossen Pyramiden erstrecken. Alles in Allem, bei der Katze ist die Schicht der Sternzellen ebenfalls der Sitz der Endigung der Opticus- oder dicken zuleitenden Fasern; sogar die von ihnen in tieferen Zonen abgehenden Aeste schienen uns für den Contakt mit den genannten Zellen bestimmt.

Fasern aus den Zellen mit aufsteigendem Axencylinder. — Aus Fig. 22, *B*, ersieht man, dass die vierte und fünfte Schicht neben dem Plexus der Opticusfasern noch einen anderen zarteren besitzt, der von den Endverzweigungen zahlreicher gebogener Axencylinder der Pyramiden der siebenten und achten Schicht gebildet wird, sowie von anderen aufsteigenden Axencylindern der in der sechsten, siebenten und achten Zone gelegenen Sternzellen. Beim erwachsenen Menschen färbt sich dieser Plexus relativ unabhängig von dem des Opticus und man bemerkt darin ab und zu dichtere Partien, welche in der Umgebung von Sternzellen gelegene Verzweigungen darzustellen scheinen.

Da es uns jedoch nicht gelungen ist, die speziellen Verbindungen, welche sowohl im Niveau der ersten Zone (Endbüschel des Schaftes), wie in der sechsten, siebenten und achten Schicht (Zellkörper und absteigende Dendriten) die Zellen mit gebogenem Axencylinder besitzen, zu demonstriren, so können wir auch über die physiologische Bedeutung dieser so eigenthümlichen Elemente nicht urtheilen; doch lässt sich vermuthen, dass, mittelst der Nervenverzweigungen derselben, irgend eine in der ersten Rindenschicht aufgenommene Erregung nach der Zone der Sternzellen und selbst zu den Riesenpyramiden geleitet wird.

Collateralen der Sternzellen. — Schon bei der Beschreibung dieser Zellen sahen wir, dass ihre Collateralen, oft kräftiger als der Schaft, sich in der vierten und fünften Schicht verzweigen und einen complicirten Plexus langer, meist horizontaler Bälkchen bilden. In Uebereinstimmung mit dem Gesetz der dynamischen Polarisation des Neurone, müssen wir annehmen, dass diese Collateralen den Zweck haben, anderen benachbarten Sternzellen einen Theil des vom Körper und den Dendriten aufgenommenen Stroms zuzuführen; jedoch wollen wir gestehen, dass der Umstand, dass bei den Sternzellen die initialen Collateralen oft



stärker sind als der Axencylinder, der Theorie ernste Schwierigkeiten und Zweifel bereitet.

Ebenso herrscht noch tiefes Dunkel über die Rolle, welche die Nervenverzweigungen der Zelle mit kurzem Axencylinder, welche sich in der vierten und fünften Schicht befindet, spielen. Stellen diese Zellen eine nothwendige Verbindung her zwischen den Opticusfasern und den Sternzellen mit langem Axencylinder? In diesem Falle könnte man sie als Erzeuger von Nervenenergie betrachten, ebenso wie die zur Erhöhung der elektrischen Stromspannung bestimmten Akkumulatoren, als dazu bestimmt, starke optische Reflexe in der Rinde zu erzeugen, und die Eintragung des Sinnesbildes in anderen Sphären des Gehirns zu erleichtern. Auch Monakow[28]) zeichnet in seinen Schematas der Sehbahnen in die Nerven-Protoplasmaverbindung der primären optischen Centren eingeschaltete Zellen mit kurzem Axencylinder (Fortpflanzungs- oder Einschaltungszellen), aber seine Zeichnungen entsprechen nicht der Wirklichkeit, denn wie zuerst mein Bruder nachwies[29]) und ich und Kölliker später bestätigte, berühren im vorderen Vierhügel und Corpus geniculatum externum die Opticusverzweigungen unmittelbar den Körper und die Dendriten grosser Zellen mit langem Axencylinder. Jedenfalls, und trotzdem unsere jüngsten Beobachtungen eine gründliche Lösung dieser Frage noch nicht zulassen, müssen wir erklären, dass wir der Ansicht nicht abgeneigt sind, wonach die zahlreichen Zellen mit kurzem Axencylinder der vierten und fünften Schicht als erste Verbindungsstelle der Opticusfasern gelten. Von diesen Zellen dürfte sich die optische Erregung, an Intensität mehr oder weniger zunehmend, auf verschiedene Elemente, hauptsächlich aber auf die grossen und mittleren Sternzellen verbreiten, mit denen der Axencylinder jener Zellen in innigen Contakt gelangt.

Schaft-Bündel von Pyramiden und anderen Zellen mit gebogenem Axencylinder. — Da diese Dendriten die vierte und fünfte Schicht kreuzen, wo sich hauptsächlich die Opticusfasern vertheilen, ist es natürlich anzunehmen, dass die Pyramiden ebenfalls fähig sind, die optische Erregung aufzunehmen und sie vielleicht zu den, die Reflexbewegungen der Augen regulirenden Nervencentren zuzuführen.

Das periphere Büschel könnte auch noch andere, vielleicht aus

Associationsfasern (Flechsig's Hemmungsfasern) kommende Ströme empfangen.

Die übrigen Nervenplexus der Sehrinde haben wir noch nicht genügend durchforscht. Wir glauben jedoch, dass, mit geringen Unterschieden, diese Plexus (Plexus der Molekularschicht, der kleinen und mittleren Pyramiden, der Zone der Riesenzellen etc.) aus denselben Faktoren bestehen, wie die entsprechenden der übrigen Regionen. Von ihnen werden wir bei dem Studium der motorischen und anderer Sphären der grauen Substanz des menschlichen Gehirns sprechen. Nur das wollen wir hier vorwegnehmen, dass die erste oder plexiforme Schicht, sowie diejenige der Pyramiden Verzweigungen zu enthalten scheinen, welche aus direkt aus der weissen Substanz kommenden und zarteren Fasern als es die des Opticus sind, stammen. Vielleicht gehören diese Markfasern zu den von Flechsig centrifugale Associationsfasern genannten, d. h. zu den in den Associationscentren entstandenen, welche den Zweck haben, auf die Sinnessphären im mässigenden Sinne zu wirken. Eher als die Empfindung mässigende, wie Flechsig will, möchten wir sie als tonisirende oder dynamogene ansprechen, eine Eigenschaft, die vielleicht mit dem Vorgang des Aufmerkens und der Regulirung der zur Erinnerung nothwendigen physikalisch-chemischen Processe in Verbindung steht. Doch ist dies natürlich alles nur Hypothese. Uebrigens spricht zu Gunsten der associativen Natur der in der ersten Schicht endenden Fasern eine analoge Thatsache, die schon vor einiger Zeit von mir nachgewiesen worden ist. Sie besteht darin, dass man in der grauen Rinde der inneren Fläche des Gehirns der Maus und des Kaninchens, in welcher Gegend die Kürze der Entfernungen die Verfolgung der Fasern erleichtert, häufig Markfasern antrifft, welche von dem bogenförmigen antero-posterioren Associationsbündel losgetrennt und in der ersten Schicht vertheilt sind, in der sie grosse Strecken zurücklegen.

ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSS.

Wenn nun auch unsere Studien über die Sehrinde des Menschen noch nicht beendet sind und speziell Angaben über die Strukturverhältnisse anderer mit der Funktion des Sehens mehr oder weniger

in Zusammenhang stehender Gebiete bisher fehlen, so lassen sich doch aus den gewonnenen Resultaten folgende Schlussfolgerungen ableiten:

1. Die Sehregion, und namentlich die Fissura calcarina und deren Umgebung besitzen eine besondere, von derjenigen der übrigen Rinde sehr verschiedene Struktur, wodurch meine früheren Arbeiten über die Sehrinde des Kaninchens 1892 und die kürzlich von Flechsig und anderen ausgesprochenen Behauptungen bestätigt werden.

2. Der anatomische Ausdruck dieser Struktur ist folgender: Das Vorhandensein von Sternzellen mit langem, absteigendem Axencylinder in der, der Körnerschicht anderer Rindensphären entsprechenden Zone; die Bildung eines dichten Plexus von Opticusfasern (Gennari'scher Streifen), der mit diesen Zellen in Contakt steht; die Existenz von besonderen, aus Zellen mit gebogenem, aufsteigendem Axencylinder zusammengesetzten Schichten (sechste und achte) und die schon von Vielen erwähnte geringe Zahl von Riesen- und auch mittelgrossen Pyramidenzellen.

3. Da die Schichten der kleinen und grossen Sternzellen den Hauptsitz der Endigung der Opticusfasern repräsentiren, muss man annehmen, dass sie auch der Ort der optischen Empfindung sind.

4. In gleicher Weise erscheint die Vermuthung natürlich, dass die hauptsächliche oder commemorative optische Erregung, d. h. die dazu bestimmte, in der Gestalt von Erinnerungen oder latenten optischen Bildern in der Associationsrinde registrirt zu werden, in den Axencylindern der Sternzellen verläuft. Nach der Theorie des binocularen Sehens muss jede corticale Sehsphäre Fasern von identischen Punkten beider Netzhäute aufnehmen; daher wird eine Sternzelle mit rechts- und linksseitigen optischen Verzweigungen in Verbindung treten; ungeachtet dessen, dass, wie ich in meiner Studie über das Chiasma mitgetheilt habe, diese doppelte Verbindung nur in den primären optischen Centren stattfinden könnte.

5. Es ist wahrscheinlich, dass die Riesenpyramidenzellen und ihre Axencylinder die motorisch-optische oder optische Reflex-Bahn darstellen, welche, wegen der Existenz anderer motorischer Sehcentren in der motorischen Region und wegen des geringen Volumens der von ihnen beherrschten Muskeln, in der Occipitalrinde eine geringe Ent-

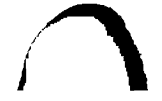
wicklung erreichten. Diese optische Reflexbahn würde die conjugirten Bewegungen der Augäpfel, der Augenlider und des Pupillarmuskels erklären, Bewegungen, welche nach den physiologischen Untersuchungen von Schaffer, Unverricht, Danillo, Munk u. a. durch die Erregung der Occipitalrinde erzeugt werden. Diese optisch-motorischen, bilateral wirkenden Fasern steigen, nach Munk und Flechsig, in der Gratiolet'schen Markstrahlung hinab (thalamo-corticales Bündel von Flechsig) und enden (vielleicht indirekt) in den motorischen Centren der Vierhügel und sogar in denen der Medulla oblongata und des Rückenmarks (Bewegungen des Halses und Kopfes, entsprechend den corticalen optischen Empfindungen).

6. Da jede Pyramide in der vierten und fünften Schicht mit dem Plexus opticus und in der ersten wahrscheinlich mit Associationsfasern in Verbindung tritt, so ist anzunehmen, dass die in ihnen stattfindenden Entladungen zweierlei Ursprung haben, einmal optische Erregungen sind, alsdann aus den Associationscentren stammen.

7. Die sehr zahlreichen Zellen mit kurzem Axencylinder der centralen Schichten der Sehrinde könnten zwei Aufgaben haben: Die Energie des optischen Reizes zu steigern und denselben den in verschiedenen Schichten und Rindenradien befindlichen Pyramiden und Sternzellen zuzuführen.

8. In der Sehrinde und den übrigen Rindenregionen giebt es gemeinsame Strukturbestandtheile, die trotz der lokalisirten Funktionen und entsprechenden anatomischen Anpassungen wenig oder garnicht modificirt sind: solche sind die erste oder plexiforme Schicht, constant aus denselben Zellen und Nervenfasern zusammengesetzt, sowie die Schichten der kleinen und mittleren Pyramiden und die der Spindel- oder polymorphen Zellen, Schichten, welchen der gleiche Bauplan zu Grunde liegt. Man darf daher behaupten, dass dieses gemeinsame anatomische Substrat in der ganzen Rinde die gleiche Funktion ausübt.

Wenn wir mit Sicherheit nachweisen können, dass die Molekularschicht die Endverzweigungen der intercorticalen Associationsfasern empfängt (und wir sahen bereits, dass Anzeichen dafür existiren), so könnten wir einem jeden der beiden Bestandtheile oder Mechanismen des Baues der Sinnesrinde eine besondere Bedeutung beimessen: der



spezifische Faktor (Sternzellen), der vorwiegende Ort der Endigung der Sinnesfasern, wäre der anatomische Sitz der Empfindung; und der gemeinsame Bestandtheil (Molekularschicht, kleine und grosse Pyramiden etc.) würde den motorisch-ideellen Mechanismus repräsentiren, d. h. den Ort, wo der spezielle motorische Impuls (Bewegung der Augen, des Kopfes etc.) zu Stande kommt, der in der plexiformen Schicht durch die Thätigkeit der motorisch-ideellen, aus den Associationscentren stammenden Fasern vermittelt wird. Neben diesen motorisch-ideellen Fasern könnten noch die die Empfindung mässigenden, von denen Flechsig spricht, existiren.

ALLGEMEINER AUSBLICK AUF DEN BAU DER ÜBRIGEN SINNESSPHÄREN DER RINDE.

Obgleich unsere Studien über die Hör-, Riech-, motorische und Associationsrinde noch nicht beendet sind, so wollen wir doch schon hier einige Angaben machen, die sich zu den vorstehenden Ausführungen in Beziehung bringen lassen.

1. Nicht nur die Sehrinde, sondern auch die übrigen Sinnessphären der Rinde besitzen Eigenthümlichkeiten, an denen sie an guten Chromsilberpräparaten auf den ersten Blick erkennbar sind. Z. B. die Rinde des Lobus limbicus oder Riechrinde charakterisirt sich, wie C. Calleja[30]) nachgewiesen und Kölliker[31]) und ich bestätigt haben, durch die grosse Dicke der Molekularschicht, wo sich selten die Sinnesfasern (die aus der äusseren Wurzel des Nervus olfactorius kommenden) vertheilen; durch das Fehlen der kleinen Pyramiden, an deren Stelle sich grosse dreieckige und Spindelzellen finden; durch das Aussehen einer herabsteigenden Quaste oder Büschel, welches die Dendriten der mittelgrossen und Riesenpyramiden etc. bieten. Die Hörrinde erkennt man an der Existenz grosser horizontaler Spindel- oder Triangelzellen, die über die mittleren Rindenschichten zerstreut sind; an der ausserordentlichen Zahl und beträchtlichen Zartheit der doppeltgebüschelten Zellen, welche mit einem pinselförmig verzweigten Axencylinder versehen sind; an der Zartheit der Fasern des sensoriellen Plexus in der Schicht der Körner oder kleinen Zellen. Endlich, die Bewegungsrinde: an ihrer grossen

Breite; an der beträchtlichen Stärke der plexiformen Schicht; 'an der ausserordentlichen Menge der mittelgrossen und Riesenpyramiden, an dem Vorhandensein eines in der Zone der Körner sehr concentrirten und sich in die der Riesen- und mittleren Pyramiden erstreckenden sensoriellen Plexus, dessen Markfasern sehr kräftig sind, in schräger Richtung verlaufen und zahlreiche Dichotomien erzeugen.

2. Die Associationsrinde wie die motorische und akustische besteht aus sechs Schichten: 1. die plexiforme; 2. die der kleinen Pyramiden; 3. grosse Pyramiden; 4. Körner oder kleine Pyramiden, mit kleinen Sternzellen vermengt; 5. tiefe, mittelgrosse und Riesenpyramiden; 6. Spindel- und polymorphe Zelle. In der Riechrinde fehlt die Zone der Körner, doch lassen sich die übrigen Schichten unterscheiden.

3. Die sogen. Körnerschicht ist in der Associations- wie in der Projections- oder Sinnesrinde der Hauptsitz der Vertheilung der aus den übrigen Centren stammenden Fasern. Gemäss der Gegenwart dieser intermediären Schicht bleiben die grossen Pyramiden in zwei Schichten getrennt, eine supragranulare, im Allgemeinen sehr reich an voluminösen Zellen, und eine subgranulare, an diesen ärmere, aber mehr mittelgrosse Pyramiden besitzend. Oft erreichen die Riesenzellen einen noch grösseren Umfang in der subgranularen Zone (fünfte Schicht), ein Umstand, den man namentlich in der Associationsrinde (vordere Stirn- und hintere Scheitelgegend) oft antrifft, wo sie sich zu concentrischen, durch starke, horizontale Dendriten vereinigten Reihen anordnen, die an die typische Anordnung der Sehrinde erinnern.

Diese Körnerschicht birgt zwei Arten von kleinen Zellen: 1. kleine Pyramidenzellen mit langem, absteigendem Axencylinder; letzterer mit dicken, oft bogenförmigen und rückläufigen Initialcollateralen versehen; 2. Stern- oder Spindelzellen mit kurzem Axencylinder. Unter letzteren lassen sich mehrere Typen unterscheiden, nämlich: a) Spindel- und Sternzellen, zottig, mit kurzem, aufsteigendem Axencylinder, der in den verschiedenen Ebenen der vierten Schicht verzweigt ist und sogar in den benachbarten der dritten; b) Spindel- und Sternzellen, deren Axencylinder sich nach der ersten Schicht zurückwendet; c) Sternzellen mit starkem, aufsteigendem Axencylinder, der sich alsbald in sehr lange und dicke horizontale und schräge Aeste spaltet (diese Zellen liegen



auch in der fünften Schicht oder derjenigen der tiefen Riesenpyramiden; d) sehr kleine, spinnenförmige Zellen mit sehr kurzem, dünnem, in der vierten Schicht verzweigtem Axencylinder. Kurz: die vierte Zone besteht aus einer ausserordentlichen Anzahl von Zellen mit kurzem Axencylinder, der gewöhnlich ein aufsteigender ist, wodurch die primäre oder secundäre Sinneserregung (secundär vielleicht in den Associationscentren) sich einer Menge in verschiedenen Schichten und Radien gelegener Zellen mittheilen kann. Wir bemerken, dass fast alle diese Zellen der Körnerschicht der motorischen und Associationsrinde ihre mehr oder weniger modificirten Repräsentanten in der Schicht der kleinen Sternzellen der Sehrinde haben, mit dem Unterschied, dass in dieser die genannte Körnerschicht in drei oder vier Unterabtheilungen gesondert und durch das Auftreten der Sternzellen mit langem, absteigendem Axencylinder complicirt ist.

Literaturverzeichniss.

[1]) Th. Meynert: Der Bau der Grosshirnrinde und seine örtlichen Verschiedenheiten. Vierteljahrsschrift für Psychiatrie. 1872. Siehe auch den Artikel: Vom Gehirn der Säugethiere, des Handbuchs der Gewebelehre von S. Stricker. Bd. II, 1872. Leipzig, und Hugenin: Allgemeine Pathologie der Krankheiten des Nervensystems. Anat. Einleitung. Zürich, 1873, woselbst die Ansichten Meynerts wiedergegeben sind.

[2]) W. Krause: Allgemeine und mikroskopische Anatomie. Hannover, 1876.

[3]) Schwalbe: Lehrbuch der Neurologie. Erlangen, 1881.

[4]) Betz: Centralblatt f. d. mediz. Wissenschaften. 1881, Nr. 11—13.

[5]) Golgi: Sulla fina Anatomia degli organi centrali del sistema nervioso. Mailand, 1886.

[6]) C. Hammarberg: Studien über Klinik und Pathologie der Idiotie (nach dem Tode des Verf. von Prof. E. Henschen publicirt). Upsala, 1895.

[7]) S. R. Cajal: Estructura del asta de Ammon etc. — II. Estructura de la corteza occipital inferior de los pequeños mamíferos. Trabajos leídos ante la Sociedad Española de Historia natural en la sesión del 5 de Abril de 1893. Anal. de la Sociedad esp. de Hist. nat. Tomo XXII, 1893.

[8]) S. R. Cajal: Sur la structure de l'écorce cérébrale de quelques mammifères. La Cellule. T VII, 1. fasc. 1891.

[9]) F. Botazzi: Intorno alle corteccia cerebrale especialmente intorno alle fibre nervose intracorticali dei vertebrati. 1893.

[10]) S. Ramón Cajal: Beitrag zum Studium der Medulla oblongata etc. Deutsch von I. Bresler. Leipzig. 1896, pag. 132.

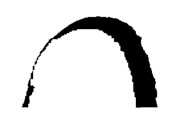
[11]) M. Schlapp: Der Zellenbau der Grosshirnrinde des Affen Macacus Gynomolgus. Arch. f. Psychiatrie, Bd. 30, H. 2.

[12]) Kölliker: Handbuch der Gewebelehre des Menschen. 2. Band. Leipzig, 1896.

[13]) S. Ramón Cajal: Sur la structure de l'écorce cérébrale de quelques mammifères. La Cellule, T. VII, 1891.

— Textura de las circunvoluciones cerebrales en los mamíferos inferiores, 10 Diciembre 1890. Barcelona.

— Sobre la existencia de colaterales y bifurc a ciones en las fibras de la substancia blanca del cerebro, 20 Diciembre 1890.



— El azul de metileno en los centros nerviosos. Revista trimestral micrográfica, tomo I, 1896.

— Las células de cilindro-eje corto de la capa molecular del cerebro. Revista trimestral micrográfica, tomo II, 1897.

[14]) G. Retzius: Die Cajal'schen Zellen der Grosshirnrinde beim Menschen und bei Säugethieren. Biol. Unters. Neue Folge. Bd. V, 1893.

— Weitere Beiträge zur Kenntniss der Cajal'schen Zellen der Grosshirnrinde des Menschen. Biol. Unters., Neue Folge, 1894.

[15]) K. Veratti: Ueber einige Struktureigenthümlichkeiten der Hirnrinde bei den Säugethieren. Anat. Anzeiger, Nr. 14, 1897.

[16]) K. Schaffer: Zur feineren Struktur der Hirnrinde und über die functionelle Bedeutung der Nervenzellenfortsätze. Arch. f. mikros. Anat. Bd. 48, Tom. IV, 1897.

[17]) Cl. Sala: La corteza cerebral de las aves. Barcelona 1893.

[18]) P. R. Cajal: Estructura del encéfalo del camaleon. Rev. trim. micrográfic. Tomo I, 1896.

[19]) S. R. Cajal: Revista ibero-americana de Ciencias Médicas, Marzo 1899.

[20]) S. R. Cajal: Beitrag zum Studium der Medulla oblongata etc. Deutsch von I. Bresler. Leipzlg, 1896.

[21]) H. Held: Die centralen Bahnen des Nervus acusticus bei der Katze.

— Die centrale Gehörleitung. Arch. f. Anat. und Physiol. Anat. Abth. 1891 u. 1893.

[22]) I. Lavilla: Algunos detalles concernientes à la oliva superior y focos acústicos. Rev. trim. micrógr. Tom. III, 1898.

[23]) S. R. Cajal: Estructura del asta de Ammon y fascia dentata etc. Anal. de la Sociedad esp. de Historia Nat. Tom. XXII, 1893, p. 68.

[24]) S. R. Cajal: El azul de metileno en los centros nerviosos. Rev. trim. micrográf. Tomo I, 1896.

[25]) S. R. Cajal: Algunas conjeturas sobre el mecanismo anatómico de la ideación, asociación y atención etc. Madrid, 1895.

[26]) A. Cramer: Beitrag zur Kenntniss der Optikuskreuzung etc. Wiesbaden, 1898.

[27]) S. R. Cajal: Sur la structure de l'écorce cérébrale de quelques mammifères. La Cellule, 1892.

[28]) Monakow: Experimentelle u. path.-anatom. Untersuchungen über die optischen Centren und Bahnen. Arch. f. Psych. XXI, 1889.

[29]) P. Ramón y Cajal: Investigaciones de Histologia comparada en los centros ópticos etc. Zaragoza, 1890.

[30]) C. Calleja: La región olfatoria del cerebro. Madrid, 1893.

[31]) Kölliker: Handbuch der Gewebelehre. 2. Bd. 1896, p. 723.

Druck von C. Grumbach in Leipzig.

